www.geologipuglia.it

GEOLOGI e TERRITORIO

Periodico di Scienze della Terra dell'Ordine dei Geologi della Puglia

ISSN: 1974-1189

ANALISI GEOMORFOLOGICA DELL'AREA DI PORTO BADISCO (OTRANTO, PROVINCIA DI LECCE) A SEGUITO DELL'EVENTO DI PRECIPITAZIONE INTENSA DEL 18 NOVEMBRE 2021

Francesco Gianfreda, Mario Marcello Miglietta, Paolo Sansò

IDROGEOLOGIA DEGLI ECOSISTEMI DIPENDENTI DALLE ACQUE SOTTERRANEE: IL CASO STUDIO DELL'AREA UMIDA COSTIERA DI UGENTO (LE)

Giorgio De Giorgio

Poste Italiane s.p.a. - Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n° 46) art. 1 comma 1, DCB BA

ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PUGLIA

1 - 2022

GEOLOGI e TERRITORIO
Periodico dell'Ordine Regionale
dei Geologi – Puglia
Anno XIX - n. 1/2022

Direttore editoriale:
Amedei Giovanna

Direttore responsabile:
Alfarano Espedito

Redazione, Amministrazione e Pubblicità:
Ordine dei Geologi - Puglia
Via Junipero Serra, 19 - 70125 Bari
www.geologipuglia.it - info@geologipuglia.it

Stampa:
Sagraf Srl - Z.I. Capurso (BA)

Autorizzazione del Tribunale di Bari:
n. 29 del 16.06.2004

Chiuso in tipografia il 29 aprile 2022

SOMMARIO

2
Editoriale della Presidente dell'ORG - Puglia
Giovanna Amedei

ANALISI GEOMORFOLOGICA DELL'AREA DI PORTO BADISCO (OTRANTO, PROVINCIA DI LECCE) A SEGUITO DELL'EVENTO DI PRECIPITAZIONE INTENSA DEL 18 NOVEMBRE 2021
Francesco Gianfreda, Mario Marcello Miglietta, Paolo Sansò

IDROGEOLOGIA DEGLI ECOSISTEMI DIPENDENTI DALLE ACQUE SOTTERRANEE: IL CASO STUDIO DELL'AREA UMIDA COSTIERA DI UGENTO (LE)
Giorgio De Giorgio

Foto di copertina:
Gli effetti dell'evento precipitativo intenso del 18 novembre 2021 nell'insenatura di Porto Badisco (Otranto, LE).
Foto di Michele Bonfrate.

Editoriale

Dopo due anni di restrizioni imposte dall'emergenza epidemiologica sembra che il peggio ormai sia alle spalle, seppur in un clima di incertezza generale. A scuotere i nostri animi e accendere i nostri timori sono le conseguenze, potenzialmente devastanti, dell'aggressione della Russia all'Ucraina come l'indiscriminato (a detta di molti ingiustificato) aumento delle materie prime e dei beni di prima necessità.

In questi due anni il mondo delle professioni è stato messo a dura prova, come evidenziato dal VI Rapporto sulle libere professioni in Italia, curato da Confprofessioni, secondo il quale nel 2020 38mila liberi professionisti hanno chiuso i battenti a causa della pandemia, con un calo del 2,7% che interessa maggiormente i piccoli studi professionali. Dati, questi, che raffigurano il mondo dei professionisti in bilico tra ripresa e resilienza, un mondo che ha pagato effettivamente il maggiore prezzo alla pandemia e che oggi ha bisogno di avere un nuovo sistema di garanzie e di tutele.

Il Governo nazionale in questi mesi ha cercato di dare organicità a interventi quali il Superbonus e il PNRR; ma resta la consapevolezza che tali interventi risulteranno utili se (e solo se) saranno in grado di rendere protagonisti i professionisti e in particolare noi geologi.

Oggi più di ieri è importante acquisire (e fare acquisire) consapevolezza del ruolo strategico che la nostra professione gioca nel processo di sviluppo economico del Paese poiché indiscusse sono le competenze del geologo in diversi campi: dalle energie alternative alla gestione dei rifiuti, dalle risorse idriche alla difesa del suolo, dalla dinamica fluviale a quella costiera, dalla protezione dai rischi geologici alla sicurezza ambientale.

Un ruolo che molto spesso, purtroppo, non ci viene riconosciuto...

E tanti sono stati, in questi mesi, gli interventi per affermare la presenza dei nostri elaborati tra quelli che costituiscono la documentazione progettuale in numerosi campi e del nostro equo compenso.

Stiamo attraversando un periodo difficile, anche per le tante incombenze che aggravano un ordine professionale che vede ogni anno gli iscritti diminuire così come diminuiscono le immatricolazioni ai corsi universitari.

In particolare, a breve le università e gli ordini professionali dovranno fronteggiare le incombenze previste dalla legge 163/2021 (Gazzetta Ufficiale n. 276 del 19/11/2021), secondo cui il titolo universitario costituisce altresì abilitazione allo svolgimento della professione. In sintesi, la nuova normativa prevede la soppressione dell'esame di stato e il conseguimento del titolo abilitativo avviene a completamento di un tirocinio pratico-valutativo interno ai corsi di studio.

A mesi, inoltre, saremo anche alla fine di questo triennio di formazione professionale. Il consiglio ha previsto una serie di corsi per rispondere alle diverse esigenze professionali di ogni collega.

Siamo consapevoli che sono ancora molte le cose da fare, ma siamo anche convinti che molte altre ne faremo insieme.

In questo numero della rivista troverete due articoli sull'acqua vista in due prospettive diverse: rischio idrogeologico ed equilibrio degli ecosistemi.

Bari, aprile 2022

Giovanna Amedei

n° 1/2022 - pagg. 3-23

ANALISI GEOMORFOLOGICA DELL'AREA DI PORTO BADISCO (OTRANTO, PROVINCIA DI LECCE) A SEGUITO DELL'EVENTO DI PRECIPITAZIONE INTENSA DEL 18 NOVEMBRE 2021

Francesco Gianfreda[1], *Mario Marcello Miglietta*[2], *Paolo Sansò*[3]

[1]Libero professionista - Iscritto ORG Puglia, n. 417
[2]CNR-ISAC, Padova
[3]DISTEBA, Università del Salento, paolo.sanso@unisalento.it

1. INTRODUZIONE

Il 18 novembre 2021 un evento di precipitazione intensa ha interessato la fascia costiera compresa tra Otranto e Santa Cesarea Terme producendo estesi allagamenti e disagi alla popolazione. Nei comuni di Otranto, Uggiano la Chiesa e Giurdignano sono state chiuse per motivi di sicurezza le scuole di ogni ordine e grado mentre per i primi soccorsi si sono attivate diverse squadre delle sezioni locali di Protezione Civile nonché i distaccamenti dei Vigili del Fuoco di Maglie, Tricase e Veglie. La viabilità ne ha risentito fortemente; la strada litoranea è rimasta chiusa per alcune ore perché impraticabile. Danni notevoli si sono registrati in particolar modo nei pressi del porto di Otranto e nella piccola insenatura di Porto Badisco dove la riattivazione della rete idrografica ha determinato la completa erosione dell'area prossima alla linea di riva.

I danni e gli effetti sull'ambiente prodotti dall'evento meteorologico intenso del 18 novembre 2021 sono in larga parte connessi alla riattivazione della rete idrografica locale. Per questo è stato realizzato uno studio sulle caratteristiche dell'evento meteorologico e sulle condizioni geologiche e geomorfologiche dell'area di Porto Badisco che hanno determinato gli effetti rilevati sul territorio con lo scopo di evidenziarne eventuali aspetti critici.

2. LINEAMENTI CLIMATICI DEL SALENTO LECCESE

La penisola salentina costituisce la porzione meridionale della regione pugliese, protesa tra il Mar Adriatico e il Mar Ionio (Fig. 1). Dal punto di vista morfologico l'area si presenta come un basso tavolato articolato nel suo settore meridionale da una serie di dorsali morfostrutturali (le "Serre") poco rilevate ed allungate in direzione NO-SE. La quota massima di 198 m si raggiunge nella parte mediana della penisola in corrispondenza della Serra di Sant'Eleuterio (Parabita).

Secondo la classificazione di Mennella (1967) il clima della Penisola Salentina può essere definito di tipo "adriatico meridionale" mentre nella classificazione di Thornthwaite (1948) il clima del Salento ricade nel gruppo Cs, rappresentativo di clima tipicamente mediterraneo, caratterizzato da un inverno non eccessivamente rigido, con due massimi di precipitazione a novembre e marzo, un lungo periodo secco estivo ed escursioni medie annue di poco superiori ai 17 °C. ll valore medio annuo delle precipitazioni per questa regione è di circa 700-710 mm; tuttavia va rilevato che la penisola non si presenta climaticamente omogenea.

Secondo Zito *et al.* (1988), infatti, il Salento leccese può essere suddiviso in 4 zone climaticamente omogenee

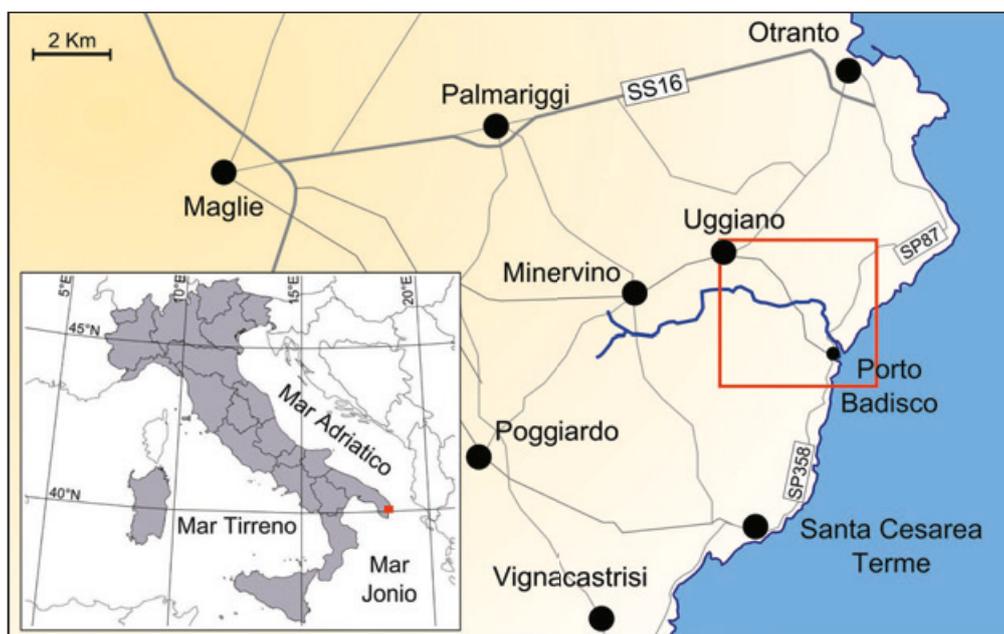



Figura 1 - Ubicazione geografica dell'area.

Gruppo	T min	T med	T max	Gp	P	Ep	Er	Sp	Df
	°C	°C	°C		mm	mm	mm	mm	mm
1	8,9	17,3	26,6	59,0	567	907	552	114	454
2	6,6	15,3	24,6	69,3	614	806	601	124	327
3	7,8	16,1	25,2	65,9	605	845	585	136	376
4	8,5	16,5	25,4	63,3	659	863	616	213	403
5	7,3	15,9	25,4	62,8	499	841	525	58	392
6	3,6	12,3	21,3	92,0	827	691	735	320	184
7	4,2	12,9	22,3	87,0	894	726	749	365	197
8	6,1	14,0	22,9	71,4	699	754	653	204	260
9	6,0	14,6	24,1	86,8	798	788	686	277	266
10	**8,7**	**16,5**	**25,5**	**65,4**	**834**	**859**	**694**	**347**	**372**
11	2,7	11,5	20,7	103,0	1269	682	823	692	104

Tabella 1 - Caratteri distintivi dei gruppi climatici omogenei della Puglia (da Zito *et al*. 1988). Legenda: Tmin – temperature minime medie annuali; Tmax – temperature massime medie annuali; Tmed – temperature medie annuali; P – totali medi annui delle precipitazioni; Gp – numero medio annuale dei giorni piovosi; Ep – evapotraspirazione potenziale secondo Thornthwaite; Er – evapotraspirazione reale secondo Thornwaite; Sp – surplus d'acqua nei mesi invernali in valore assoluto; Df – deficit di acqua nei mesi estivi in valore assoluto.

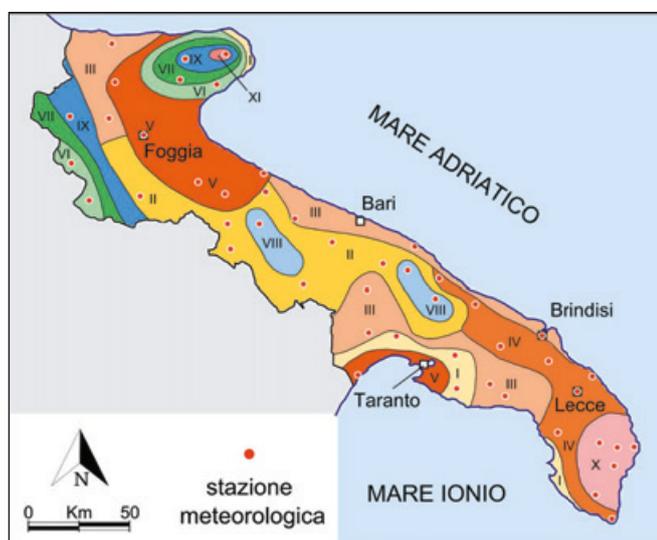



Figura 2 - Le zone climatiche omogenee della Puglia; l'area studiata ricade interamente nella zona climatica X (da Zito *et al*., 1988; mod.).

(Fig. 2): la fascia costiera gallipolina (zona climatica I), il settore centrale della penisola e parte dell'istmo salentino (zone climatiche III e IV), il settore sud-orientale (zona climatica X) che comprende interamente l'area oggetto di studio. Le caratteristiche peculiari di queste zone climatiche sono riportate in Tabella 1.

Nel dettaglio è quindi possibile individuare nell'ambito della penisola almeno due subregioni con caratteri abbastanza differenti: il versante ionico con temperature annue più elevate e precipitazioni più basse ed il versante adriatico che presenta caratteri esattamente opposti (Fig. 3).

I valori medi invernali di temperatura si aggirano intorno ai 9 °C, con massimi di 10.3 °C a Gallipoli e minimi di 8.3 °C a Vignacastrisi. I valori medi mensili di precipitazione di dicembre oscillano tra 90 e 120 mm con punte di 140 mm a Presicce e lungo la costa tra Otranto e Leuca. Comunque, il massimo delle piogge si riscontra per lo più nel mese di novembre. I valori percentuali

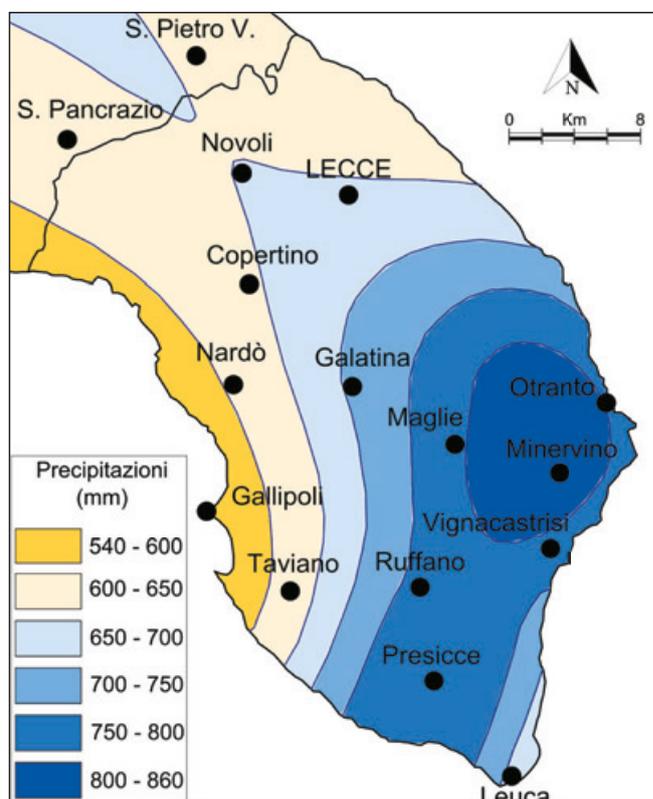



Figura 3 - La distribuzione areale della piovosità media annuale nel Salento leccese relativamente al periodo 1931-1996 calcolata sulla base delle 19 stazioni riportate in figura (da Margiotta & Negri, 2017; mod.).

delle piogge in autunno sono massimi nell'estremità SE del Salento leccese (Minervino di Lecce riceve in questa stagione il 40.7 % dell'apporto totale annuo medio) e diminuiscono verso NO (Portaluri & Sansò, 2003).

Secondo D'Oria *et al*. (2018), l'analisi dei dati storici relativi al periodo 1933-2012 non evidenzia significative variazioni dei valori di precipitazione nella penisola salentina. Le tendenze sono raramente significative. A scala regionale l'analisi eseguita indica una diminuzione delle

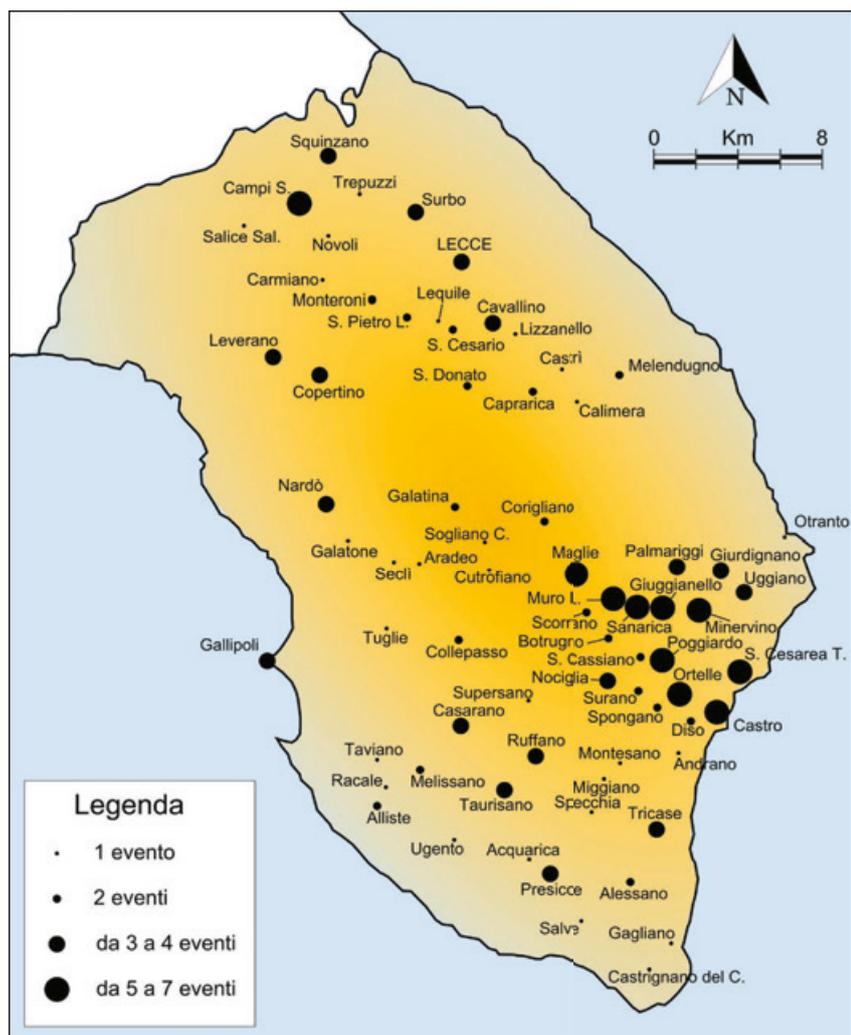



Figura 4 - La frequenza degli eventi di alluvionamento nel Salento leccese relativamente al periodo 1920-1992 (da Portaluri & Sansò, 2003; mod.).

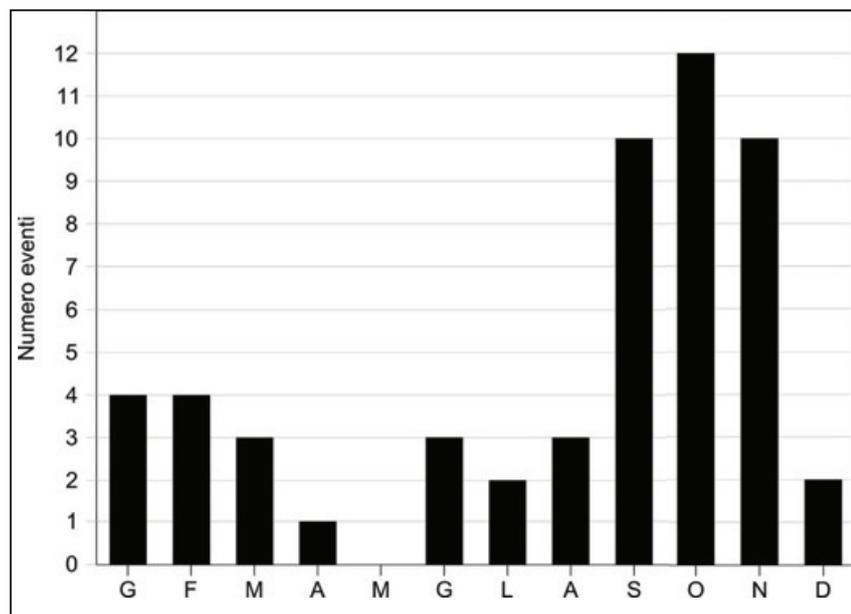



Figura 5 - La distribuzione mensile degli eventi di alluvionamento nel Salento leccese relativamente al periodo 1920-1992 (da Portaluri & Sansò, 2003; mod.).

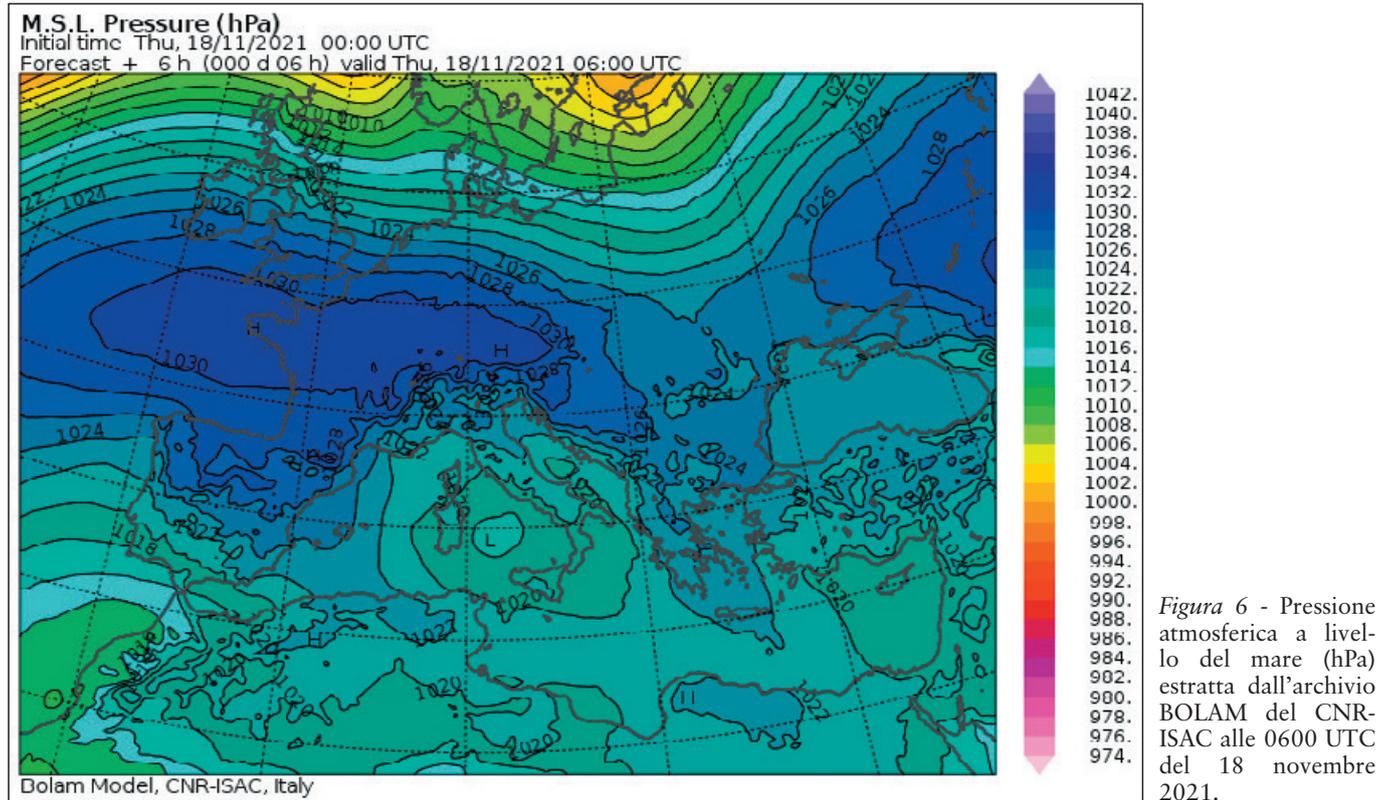
precipitazioni da ottobre a febbraio con un massimo gradiente negativo in dicembre di circa 3.3 mm/10 anni. Marzo e aprile sono invece caratterizzati da un trend positivo così come il mese di settembre che è contraddistinto da un gradiente positivo di 2.5 mm/10 anni e una tendenza statisticamente significativa. Nel periodo maggio-agosto il trend è quasi assente, con tassi leggermente positivi in giugno e luglio e un gradiente negativo in maggio e agosto.

Il trend delle precipitazioni totali annue è moderato e non statisticamente significativo con un gradiente di -2.4 mm/10 anni. Nessun trend significativo può essere identificato per il numero mensile e annuale dei giorni di pioggia sulla penisola salentina; le tendenze sono sempre non significative con l'eccezione del mese di settembre che appare caratterizzato da un marcato incremento dei giorni piovosi (+0.25/10 anni nel periodo 1933-2012 e di +0.77/10 anni nel periodo 1976-2012).

3. GLI EVENTI PRECIPITATIVI INTENSI NEL SALENTO LECCESE

L'analisi del database prodotto dal "Progetto AVI - Aree Vulnerate Italiane" dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche (Cipolla *et al.*, 1994) ha consentito di identificare il numero di eventi precipitativi intensi verificatisi nei 96 comuni della Provincia di Lecce nel periodo 1920-1992. In questo periodo si sono verificati 54 eventi intensi che hanno investito in maniera più o meno intensa i territori amministrativi di 69 comuni del Salento leccese (Portaluri & Sansò, 2003).

La sintesi dei dati storici ha permesso di ottenere risultati in termini di frequenza degli eventi alluvionali avvenuti nei vari comuni (Fig. 4). I centri colpiti ripetutamente, quindi a più alto rischio, sono in numero contenuto (circa il 10 % del totale dei comuni della provincia). In particolare, i comuni del Salento sud-orientale (Maglie, Muro Leccese, Sanarica, Poggiardo, Ortelle, S. Cesarea Terme, Minervino e Giuggianello), in alcuni anni caratterizzati da quantitativi di pioggia pari o superiori a 1500 mm, sono stati interessati da un numero di eventi alluvionali compreso tra 5 e 7 nell'arco di 72 anni, riportando danni considerevoli. L'analisi temporale di questi eventi indica che essi si sono manifestati con maggiore frequenza nei mesi autunnali (Fig. 5), con

Figura 6 - Pressione atmosferica a livello del mare (hPa) estratta dall'archivio BOLAM del CNR-ISAC alle 0600 UTC del 18 novembre 2021.

minimo a maggio (0 eventi) e massimo ad ottobre (12 eventi).

L'analisi del database realizzato dal Progetto AVI permette di identificare 4 eventi massimi verificatisi nel periodo 1920-1992 nel Salento leccese (28 ottobre 1947, 7 novembre 1949, 6-7 ottobre 1957, 30 settembre 1971). Altri 6 eventi di eccezionale intensità sono riportati nell'archivio IPHAS (Salento Alluvial PHenomena Inventory) (Forte *et al*., 2005; Forte, 2018) riferito al periodo 1968 – 2004: 2-3 novembre 1993, 13 novembre 2004 (Mastrangelo *et al*. 2011), 4 – 5 marzo 2009, 23 ottobre 2009, 10 – 11 marzo 2010, 6 gennaio 2012.

4. ANALISI DELL'EVENTO PRECIPITATIVO ECCEZIONALE DEL 18 NOVEMBRE 2021

4.1 Condizioni sinottiche

Le condizioni sinottiche sono state ricostruite sulla base delle mappe di analisi e di previsione relative al mattino del 18 novembre 2021 disponibili nell'archivio dei modelli BOLAM e MOLOCH, interamente sviluppati presso il CNR-ISAC (https://www.isac.cnr.it/dinamica/projects/forecasts/index.html).

Le mappe al suolo mostrano la presenza di un'area di bassa pressione centrata sul Tirreno meridionale, la cui circolazione depressionaria coinvolge tutta l'Italia centro-meridionale (Fig. 6). Questa zona di bassa pressione appare circondata da un'estesa area anticiclonica, soprattutto sul lato settentrionale; tuttavia, nel corso della serata, lo spostamento verso sud-est dell'anticiclone delle Azzorre determina un rapido indebolimento della depressione ed un aumento dei valori barici sulla Puglia.

Nei bassi strati è evidente la presenza di un forte vento di scirocco che risale dal Peloponneso verso il Canale d'Otranto (Fig. 7), ma che rimane confinato in una zona limitata, determinando pertanto convergenza nei bassi strati sul suo margine occidentale e favorendo lo sviluppo di moti verticali ascendenti in prossimità della penisola salentina.

Il geopotenziale in quota (300 hPa) mostra un debole minimo sull'Italia meridionale (Fig. 8), posizionato a nord di un ramo secondario della corrente a getto sub-tropicale, esteso dalla Sicilia verso lo Ionio (Fig. 9). La Puglia si trova pertanto sul lato posteriore sinistro del massimo della corrente a getto, al di sotto di una regione di anomalia positiva di vorticità potenziale (non mostrata); pertanto, per quanto la forzante in alta troposfera non risulti particolarmente intensa, essa risulta comunque favorevole allo sviluppo di moti ascendenti.

Il sondaggio di Galatina (Fig. 10) mostra un'instabilità atmosferica piuttosto debole (*CAPE ~ 100 J/kg)*. Tuttavia, la presenza di un nucleo di aria più fredda intorno a 700 hPa indica condizioni favorevoli allo sviluppo di convezione "shallow". Peraltro, la configurazione meteorologica a mesoscala appare in rapida evoluzione e caratterizzata da strutture a piccola scala: pertanto, le condizioni sulla costa alle 0600 UTC potrebbero in realtà essere differenti da quelle rappresentate nell'entroterra dal sondaggio delle 0000 UTC in Fig. 10. Va infatti segnalata la presenza di una piccola goccia fredda in transito sulla Puglia anche a 500 hPa (Fig. 11), mentre nei bassi strati l'approssimarsi di una lingua di aria calda e umida sullo Ionio, con una propag-

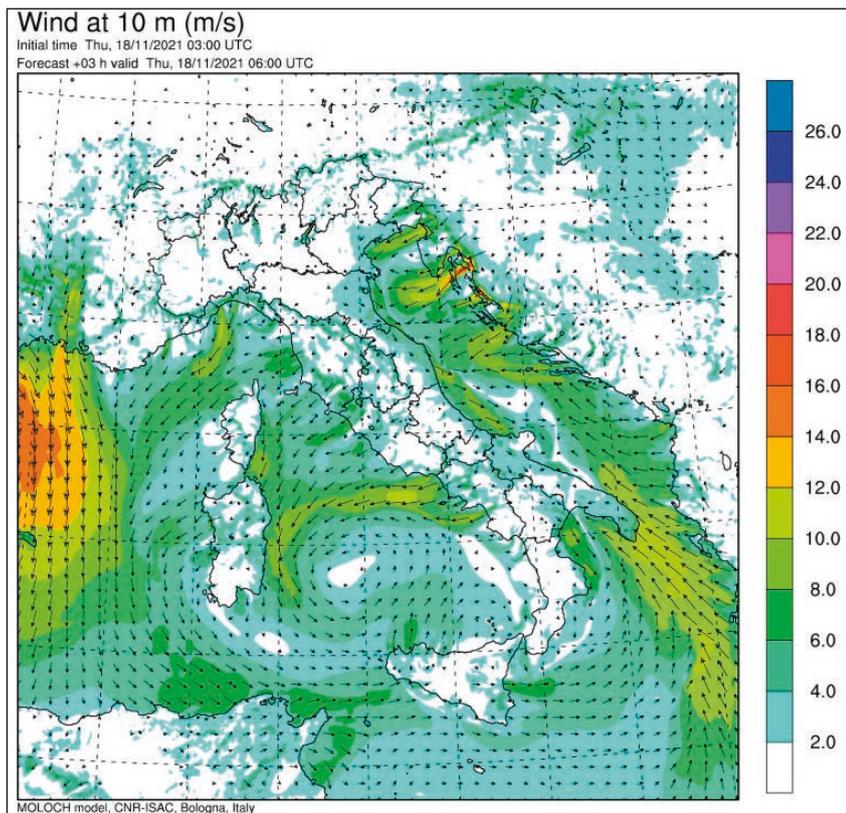



Figura 7 - Direzione e velocità del vento a 10 m (m/s) estratte dall'archivio MOLOCH del CNR-ISAC alle 0600 UTC del 18 novembre 2021.

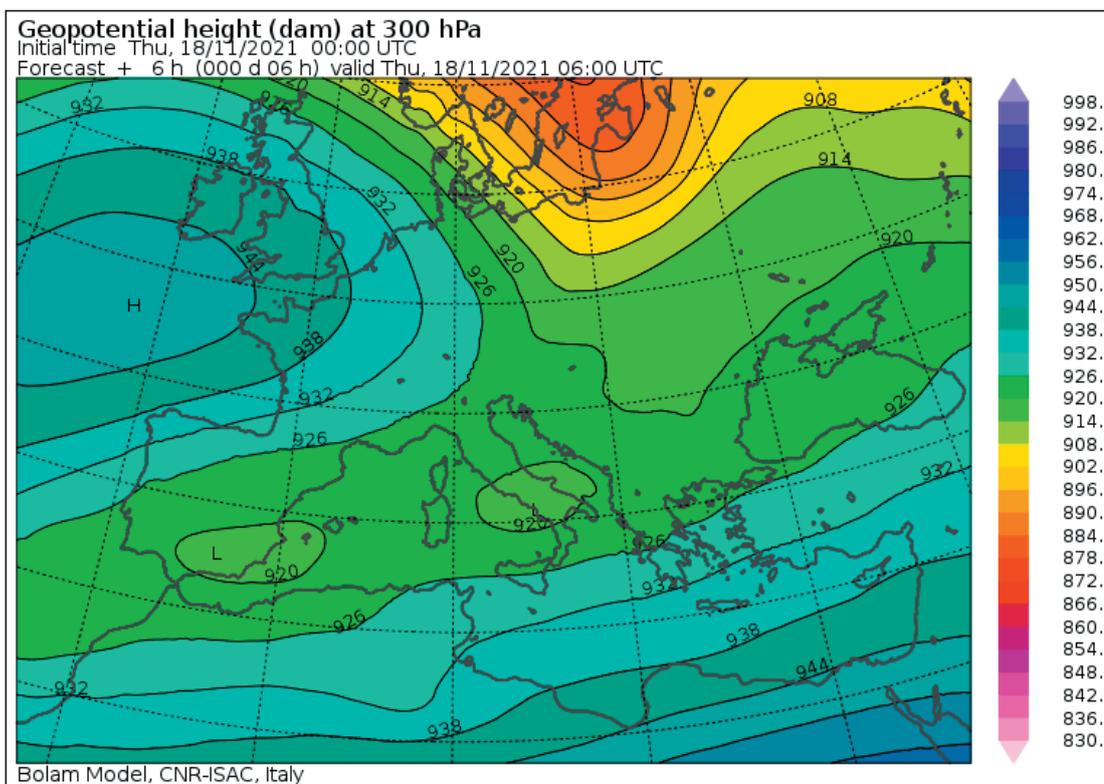



Figura 8 - Altezza del geopotenziale (hPa) a 300 hPa estratta dall'archivio BOLAM del CNR-ISAC alle 0600 UTC del 18 novembre 2021.

gine localizzata sulla costa a sud di Otranto (temperatura potenziale equivalente a 950 hPa in Fig. 12) può determinare condizioni favorevoli allo sviluppo della convezione sulle zone interessate.

Tra i vari indici di instabilità, il Total Totals (TOTL in Fig. 10) assume valori prossimi a 50 °C, quindi indica condizioni favorevoli allo sviluppo di temporali forti. Lo *shear* del vento appare rotazionale negli strati più bassi,

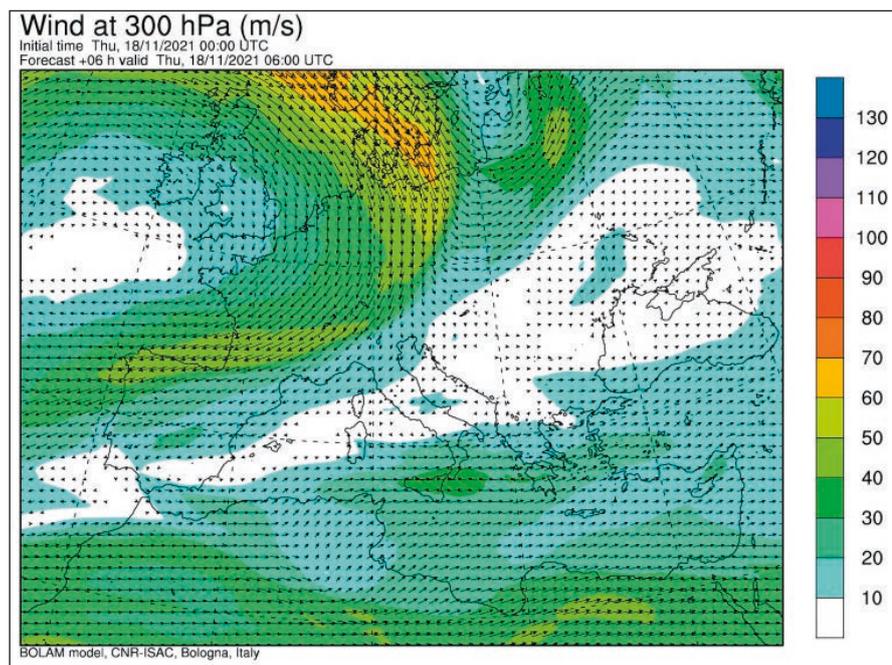



Figura 9 - Direzione e velocità del vento (m/s) a 300 hPa, estratte dall'archivio BOLAM alle 0600 UTC del 18 novembre 2021.

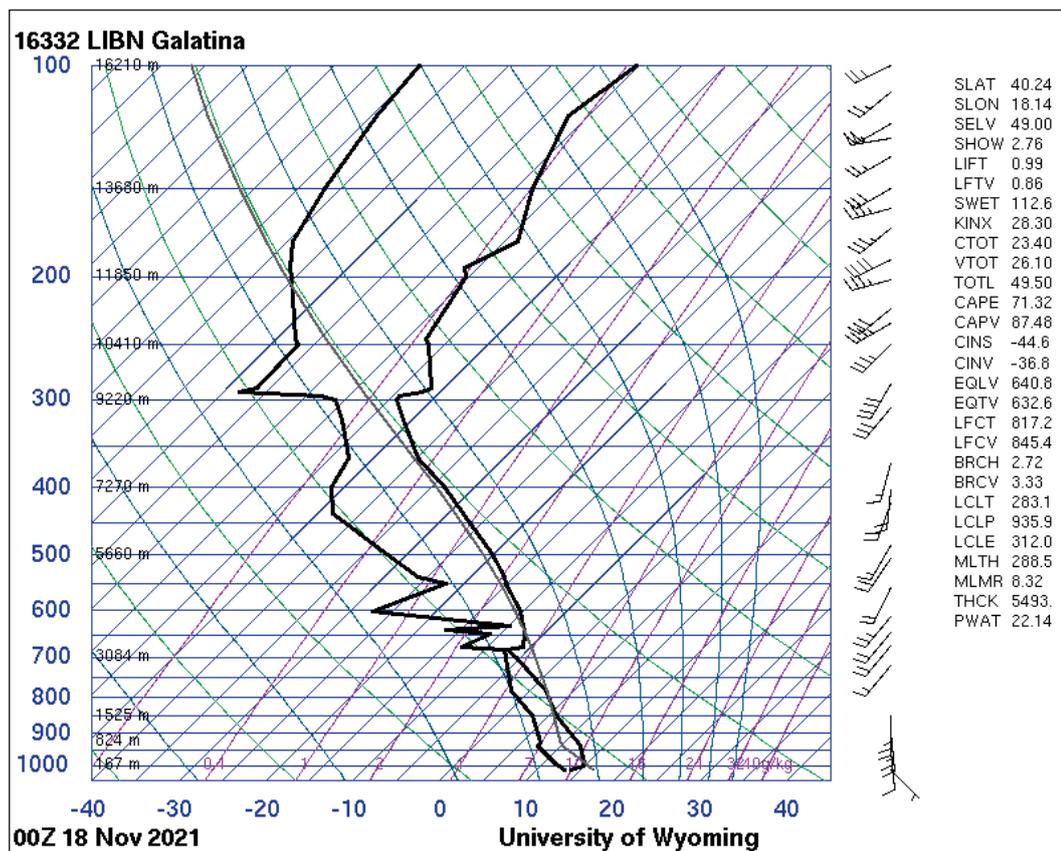



Figura10 - Sondaggio termodinamico osservato alla stazione di Galatina alle 0000 UTC del 18 novembre 2021.

mentre assume una struttura più lineare in quota, indicando pertanto condizioni favorevoli allo sviluppo di sistemi convettivi di tipo lineare. Il contenuto colonnare di umidità (non mostrato), pur non assumendo valori eccezionali (25-30 kg/m^2), mostra la presenza di un massimo proprio in corrispondenza della linea di convergenza sul Salento.

4.2 Dati di pioggia

Per i dati pluviometrici si è fatto riferimento ai dati radar e delle stazioni di superficie del Centro Funzionale Decentrato della Protezione Civile della Regione Puglia. Le stazioni ricadenti nell'area investita dall'evento di precipitazione intensa sono quelle di Otranto, Minervino di Lecce e Vignacastrisi.

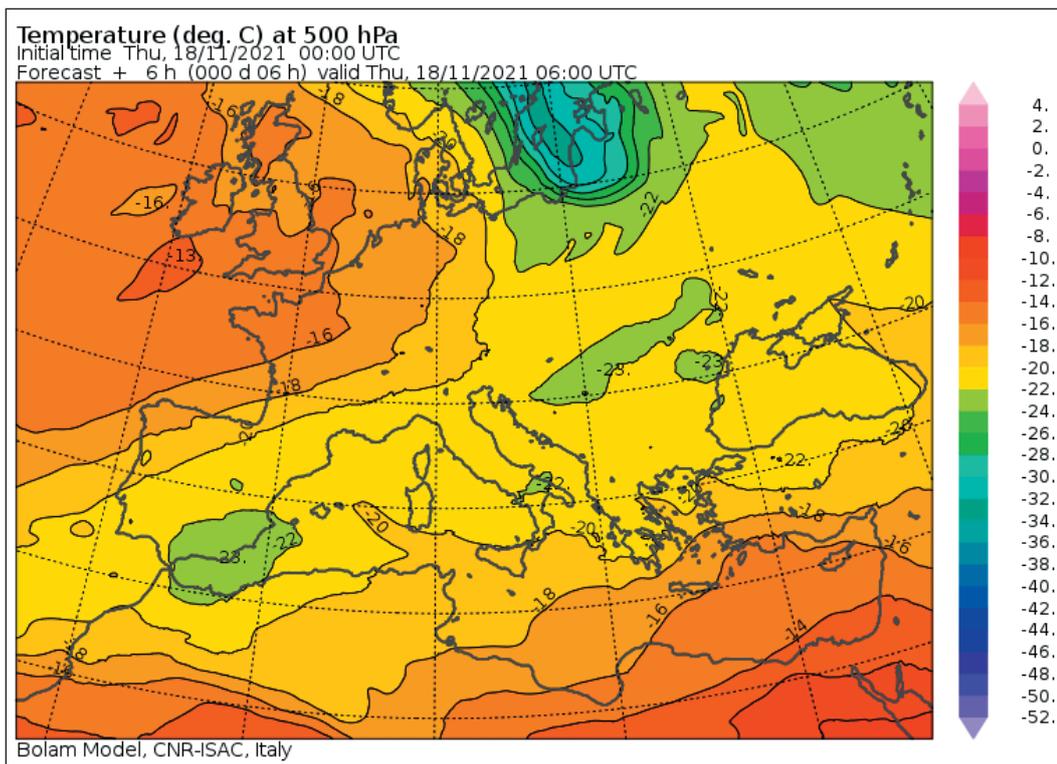



Figura 11 - Temperatura a 500 hPa (°C) estratta all'archivio BOLAM del CNR-ISAC alle 0600 UTC del 18 novembre 2021.

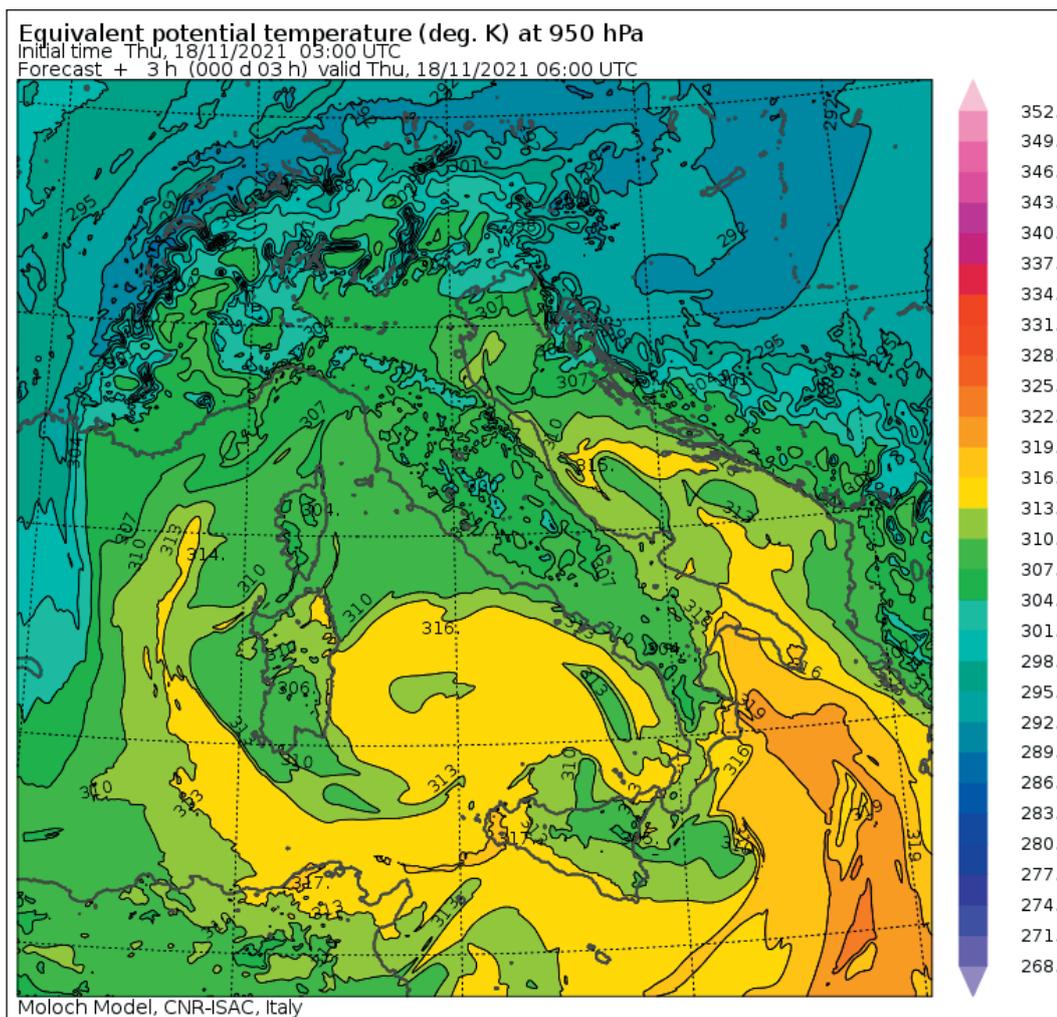



Figura 12 - Temperatura potenziale equivalente a 950 hPa (K) estratta dall'archivio MOLOCH del CNR-ISAC alle 0600 UTC del 18 novembre 2021.

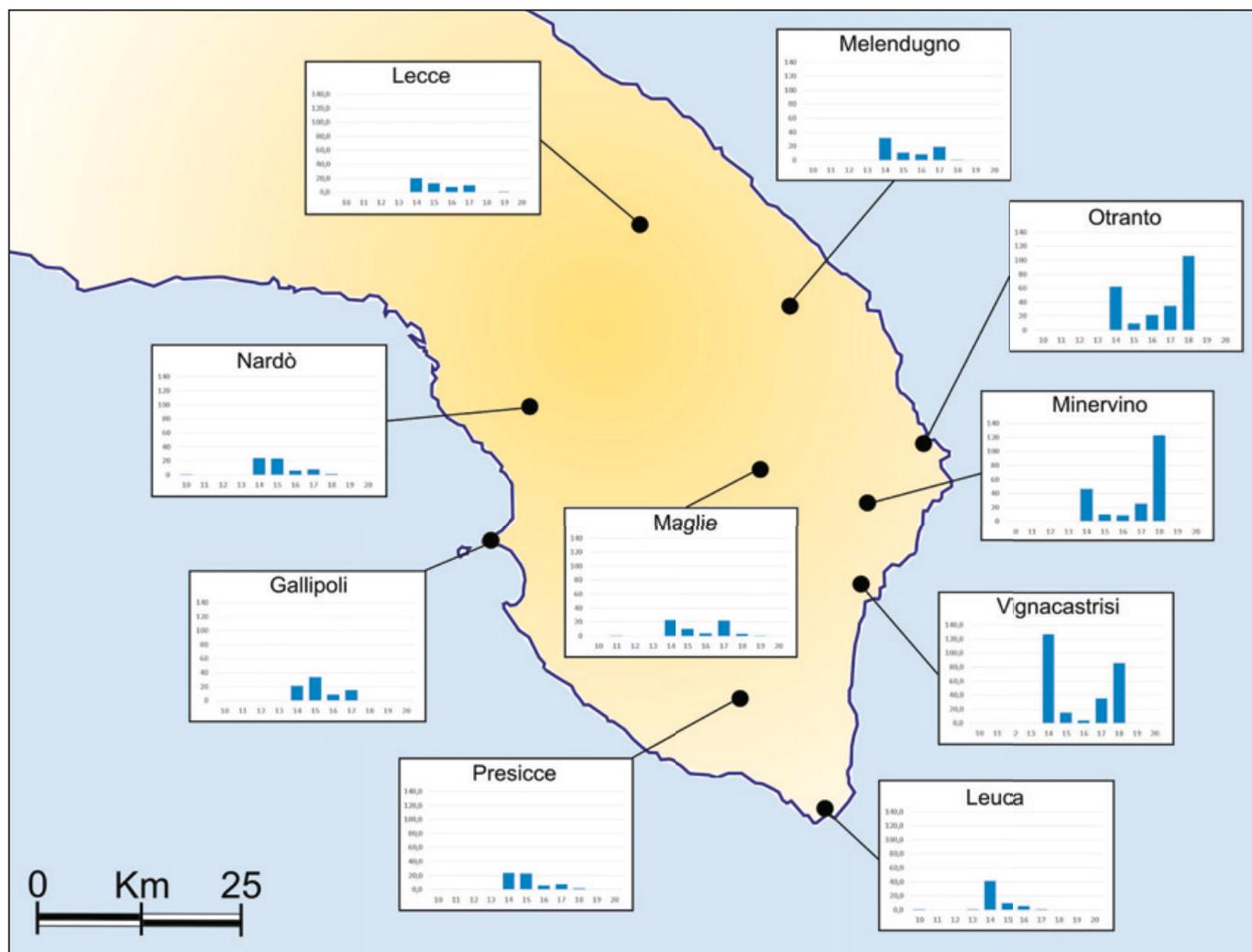



Figura 13 - Accumuli giornalieri di pioggia in alcune stazioni significative del Salento leccese nel periodo 10-20 novembre 2021.

L'analisi dei dati evidenzia come l'evento del 18 novembre giunga alla fine di una serie di 5 giorni consecutivi caratterizzati da pioggia intensa su quel tratto di costa (Fig. 13). Questa serie inizia con le forti precipitazioni del 14 novembre, quindi tre giorni di precipitazioni significative ma più deboli, per poi chiudersi con l'evento del 18 novembre. La pioggia registrata complessivamente dal 14 al 18 novembre 2021 è stata di 213.8 mm a Minervino di Lecce, 268.8 mm a Vignacastrisi, 234.8 mm a Otranto, corrispondenti ad oltre 1/3 della pioggia complessiva registrata nell'anno sino a quel momento. Nelle altre aree della provincia, sia interne che costiere, la quantità di pioggia registrata è stata molto inferiore. Ad esempio, nella città di Maglie, situata grossomodo al centro della penisola, sono stati registrati nello stesso periodo solo 62.4 mm.

I dati di pioggia oraria del giorno 18 novembre registrati ogni 5 minuti dalle tre stazioni prossime a Porto Badisco (Vignacastrisi, Otranto e Minervino di Lecce) indicano chiaramente la precipitazione molto violenta che si abbatte sulla costa a sud di Otranto (Fig. 14). L'evento inizia intorno alle ore 05:00 locali; un primo picco molto intenso viene raggiunto alle 05:55 locali a Minervino con una intensità di pioggia pari a 91.2 mm/h; alle 06:25 locali è Vignacastrisi a raggiungere il valore massimo di intensità pari a 115.2 mm/h. Ad Otranto la quantità di pioggia appare più uniformemente distribuita nel tempo; il picco massimo di intensità pari 64.8mm/h viene raggiunto alle 07:55 locali, quando a Vignacastrisi l'evento di pioggia si è temporaneamente attenuato da quasi un'ora. Dalle 08:15 alle 09:55 locali le precipitazioni risultano di debole intensità o quasi assenti.

Un secondo picco di intensità si verifica a Vignacastrisi alle ore 10:00 locali con il raggiungimento del valore massimo assoluto di 124.8 mm/h. Alle 10:15 è Otranto a registrare un secondo picco (comunque solo di 40.8 mm/h) mentre alle 10:25 è Minervino a registrare il secondo e massimo picco di intensità pari a 108 mm/h. L'evento sembra concludersi in tutte e tre le stazioni esaminate intorno alle 11:00 locali.

In realtà, le mappe radar mostrano bande di precipitazione molto localizzate, con intensità stimate anche superiori, sino a oltre 200 mm/h vicino a Porto Badisco intorno

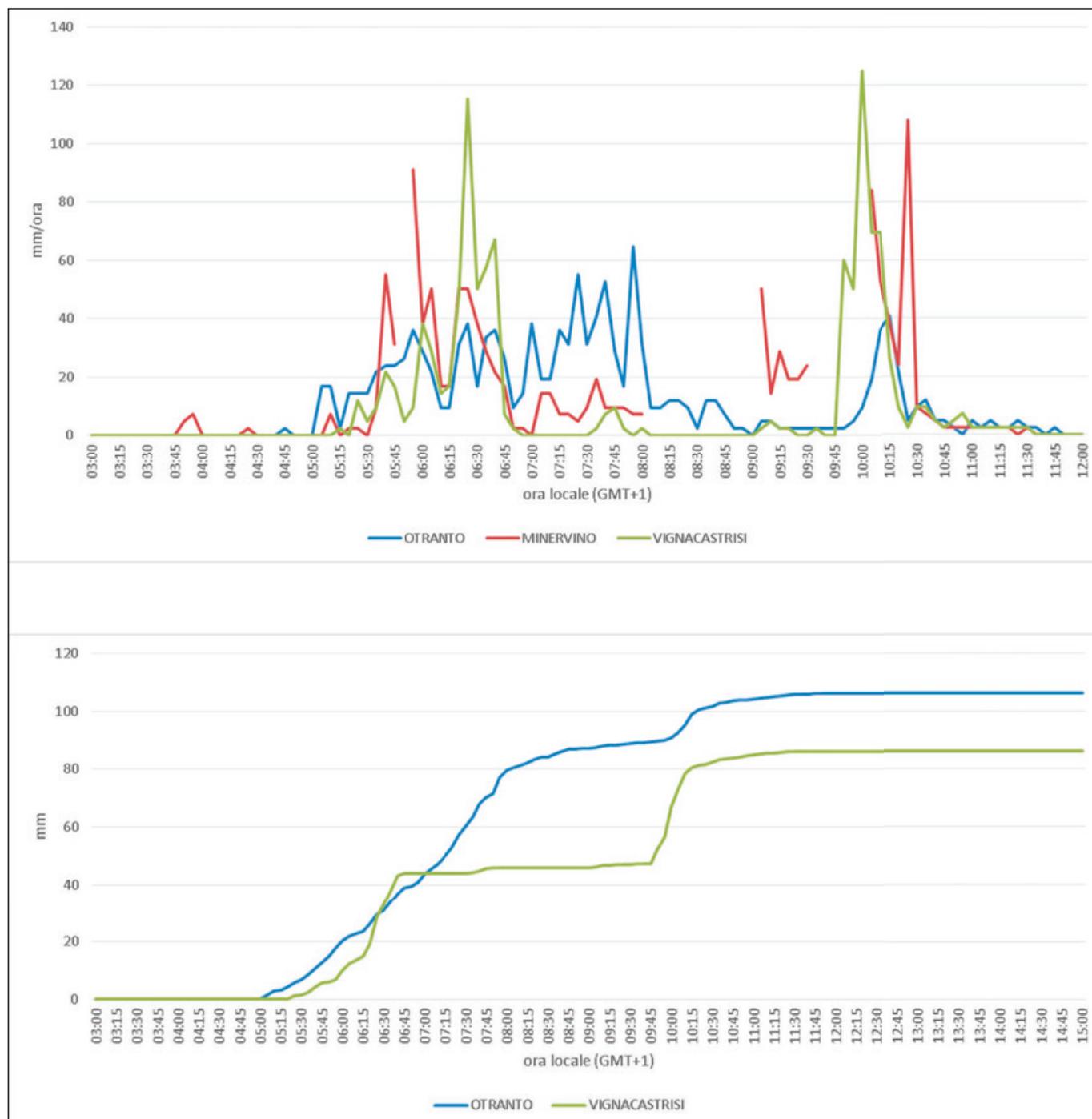



Figura 14 - Intensità di pioggia (mm/h) registrate dalle stazioni di Otranto, Minervino di Lecce e Vignacastrisi dalle ore 03.00 alle ore 12.00 locali (GMT+1) del giorno 18 novembre 2021 (in alto). Andamento cumulato della quantità di pioggia (mm) registrata nello stesso periodo dalle stazioni di Otranto e Vignacastrisi (in basso).

alle 03:55 UTC (0455 locali; Fig. 15). Il sistema è rimasto stazionario, sia pure indebolito, nelle due ore successive, per poi rinvigorirsi intorno alle 0550 UTC (06:50 locali, Fig. 16) e spostarsi più a est successivamente.

Gli accumuli giornalieri risultano di 106.8 mm a Otranto, di 122.8 mm a Minervino di Lecce (anche se a Minervino i dati sono mancanti alle 05:50, dalle 08:05 alle 09:00 e dalle 09:35 alle 10:00 – ora locale), e di 86.2 mm a Vignacastrisi, mentre sono molto ridotti nelle altre zone della provincia (ad esempio, a Maglie sono stati registrati soli 3.2 mm).

La struttura molto localizzata del sistema sembra suggerire che il fattore di innesco della precipitazione sia stata la convergenza nei bassi strati sul versante occidentale del *low level jet* sullo Ionio. Questo meccanismo ha determinato precipitazioni molto intense nel recente passato sul Salento (Mastrangelo *et al*., 2011) ed è responsabile della genesi di eventi tornadici sullo Ionio (Miglietta *et al*., 2017).

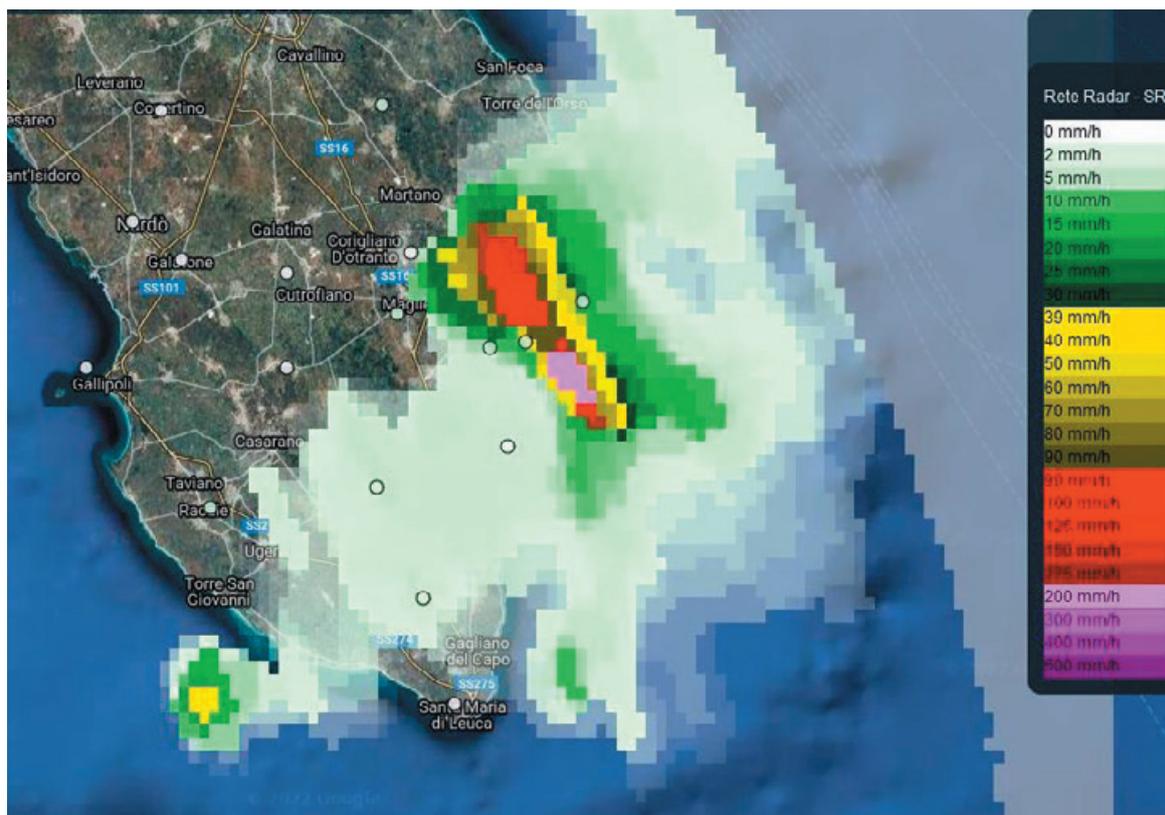



Figura15 - Intensità di pioggia a livello del suolo (Surface Rainfall Intensity, RFI) (mm/h) rilevata dalla rete radar della Protezione Civile Nazionale alle 0355 UTC.

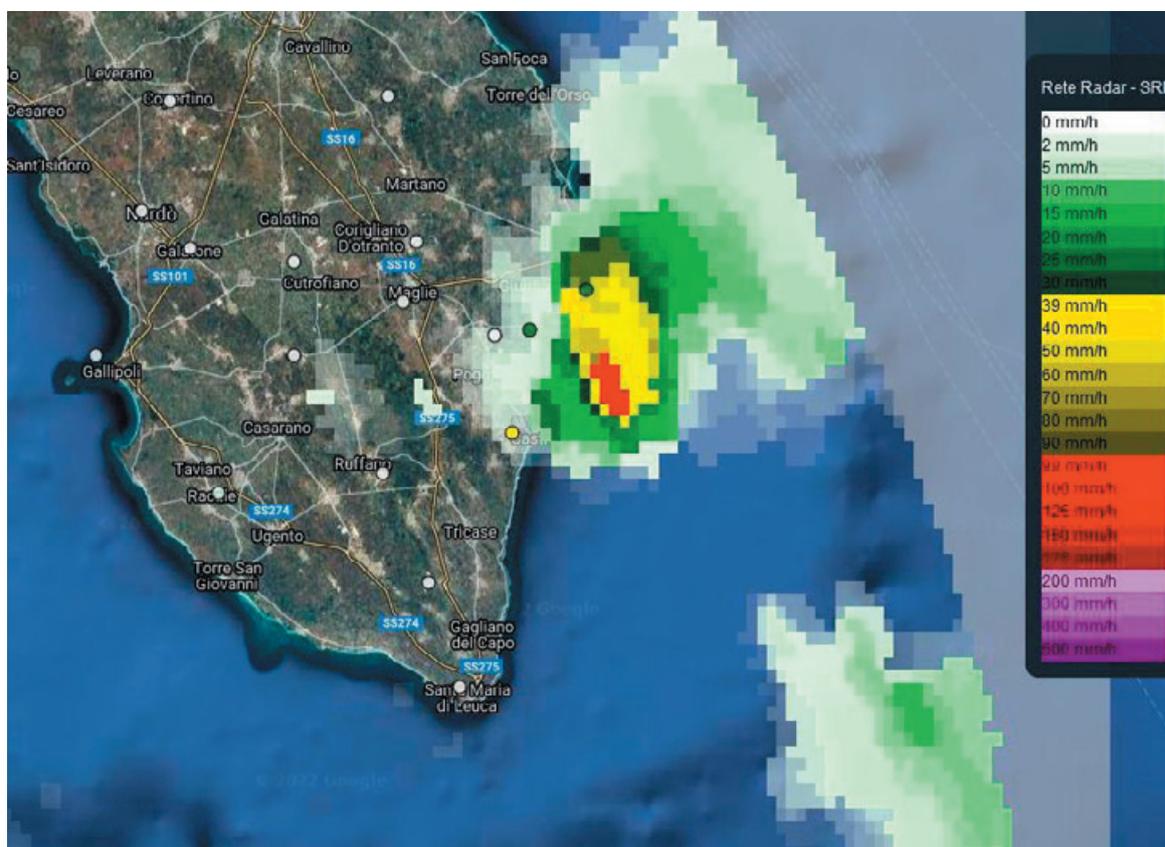



Figura 16 - Intensità di pioggia a livello del suolo (Surface Rainfall Intensity, RFI) (mm/h) rilevata dalla rete radar della Protezione Civile Nazionale alle 0550 UTC.

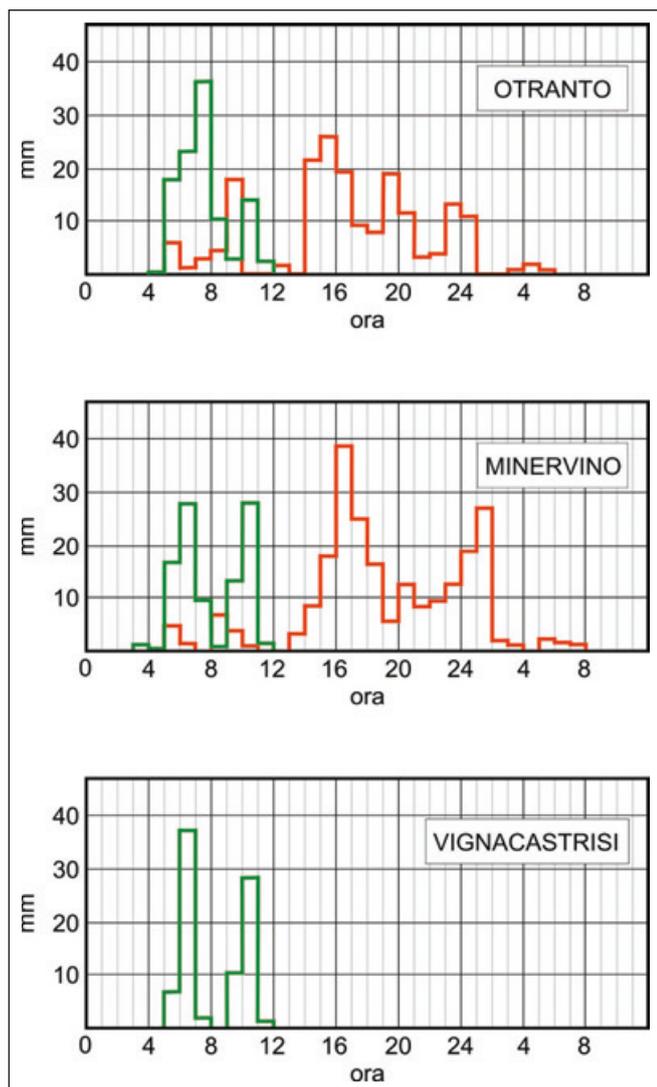



Figura 17 - Confronto tra le quantità di pioggia oraria registrate durante l'evento dell'ottobre 1957 e quelle relative al novembre 2021. I dati relativi all'evento del 1957 per la stazione di Vignacastrisi sono mancanti.

4.3 Confronto con l'evento alluvionale del 6-7 ottobre 1957

Il nubifragio del 6-7 ottobre 1957 è stato probabilmente l'evento precipitativo più intenso verificatosi nel Salento negli ultimi 100 anni e rimane ancora oggi memorabile per i massimi valori di precipitazione e per i notevoli danni provocati (Portaluri & Sansò, 2003).

L'evento si verificò dopo un'estate molto calda e siccitosa, perciò, nel momento in cui esso si è manifestato, l'ambiente si presentava particolarmente arido (Annali Idrologici, parte II, sezione F, 1957).

Le abbondanti precipitazioni dell'ottobre del 1957 sono da attribuire ad un'unica perturbazione che è rimasta quasi stazionaria sulla Penisola assumendo un carattere prevalentemente locale. Le precipitazioni, infatti, si sono manifestate in due periodi distinti intervallati di qualche ora. Il primo di essi ha avuto durata variabile dalle cinque alle sei ore ed è stato caratterizzato da precipitazioni di entità piuttosto modesta; il secondo gruppo, invece, compreso fra le ore 14 del giorno 6 e le 2 del giorno 7 e di circa dodici ore di durata, è stato quello più importante come quantitativi di pioggia.

La zona maggiormente colpita è stata quella compresa nel quadrilatero Otranto - Maglie - Ruffano - Leuca dove entrambi i periodi di precipitazione hanno fatto registrare i valori più elevati.

Raffrontando i dati pluviometrici dell'evento del 18 novembre 2021 a quelli relativi all'evento del 6-7 ottobre 1957 limitatamente alle stazioni di Otranto e Minervino (i dati di Vignacastrisi per il 1957 non sono disponibili) (Fig.17), si evidenzia come le precipitazioni dell'evento del 2021 siano state di intensità paragonabile (o addirittura maggiore nel caso di Otranto) a quelle dell'evento del 1957, seppure di durata decisamente minore.

5. LE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DELL'AREA DI PORTO BADISCO

Nell'area di Porto Badisco è possibile riconoscere in affioramento diverse unità litostratigrafiche di età compresa tra il Cretaceo superiore ed il Pliocene superiore (Fig. 18) (Bossio *et al*., 2005). L'unità più antica è quella dei Calcari di Altamura (Cretaceo superiore), costituita da una successione di calcari di colore bianco – grigio e calcari dolomitici con intercalazioni di strati a rudiste e frammenti di lamellibranchi, gasteropodi e cefalopodi. Localmente questa unità è coperta in trasgressione dall'unità dei Calcari di Castro (Oligocene superiore); lungo la costa è riconoscibile una facies di avanscogliera costituita da banchi clinostratificati di calcari a grana fine con la presenza di cespi di coralli coloniali associati ad alghe corallinacee. Segue in trasgressione l'unità delle Calcareniti di Porto Badisco, anche essa riferibile all'Oligocene superiore, rappresentata da calcareniti grossolane prive di stratificazione, di colore bianco-grigio con numerosi gusci di macroforaminiferi, scheletri di echinidi e resti di briozoi. I livelli basali dell'unità sono caratterizzati nell'insenatura di Porto Badisco da magnifici noduli algali di Corallinacee (rodoliti) riportati nel censimento dei siti di rilevante interesse geologico della Regione Puglia (CGP0100) (Mastronuzzi *et al*., 2015).

Al Miocene medio-superiore è riferibile l'unità della Pietra Leccese, localmente costituita da biomicriti glauconitiche di spessore esiguo e spesso ridotta ad solo livello conglomeratico basale di 20-30 cm di spessore (livello ad *Aturia*) costituito da ciottoli calcarei parzialmente fosfatizzati, noduli fosfatici, pisoliti bauxitiche rimaneggiate e numerosi fossili fosfatizzati (pettinidi, gasteropodi, brachiopodi, cefalopodi con *Aturia*, coralli isolati, echinidi, denti e vertebre di pesci). Nell'area a NO di Porto Badisco sulle biomicriti glauconitiche della Pietra Leccese trasgrediscono le Calcareniti di Andrano (Miocene superiore), costituite prevalentemente da una successione di calcari stratificati (calcilutiti, biomicriti, biospariti). L'intervallo basale di questa unità è caratterizzato da litofacies carbonatiche o carbonatico-marnose, talora molto tenaci talaltra friabili, che spesso si alternano a livelli di pochi centimetri o, raramente, di alcuni decimetri di marne grigio-giallastre.

Seguono verso l'alto due unità plioceniche, la Formazione di Leuca (Pliocene inferiore) e la Formazione di

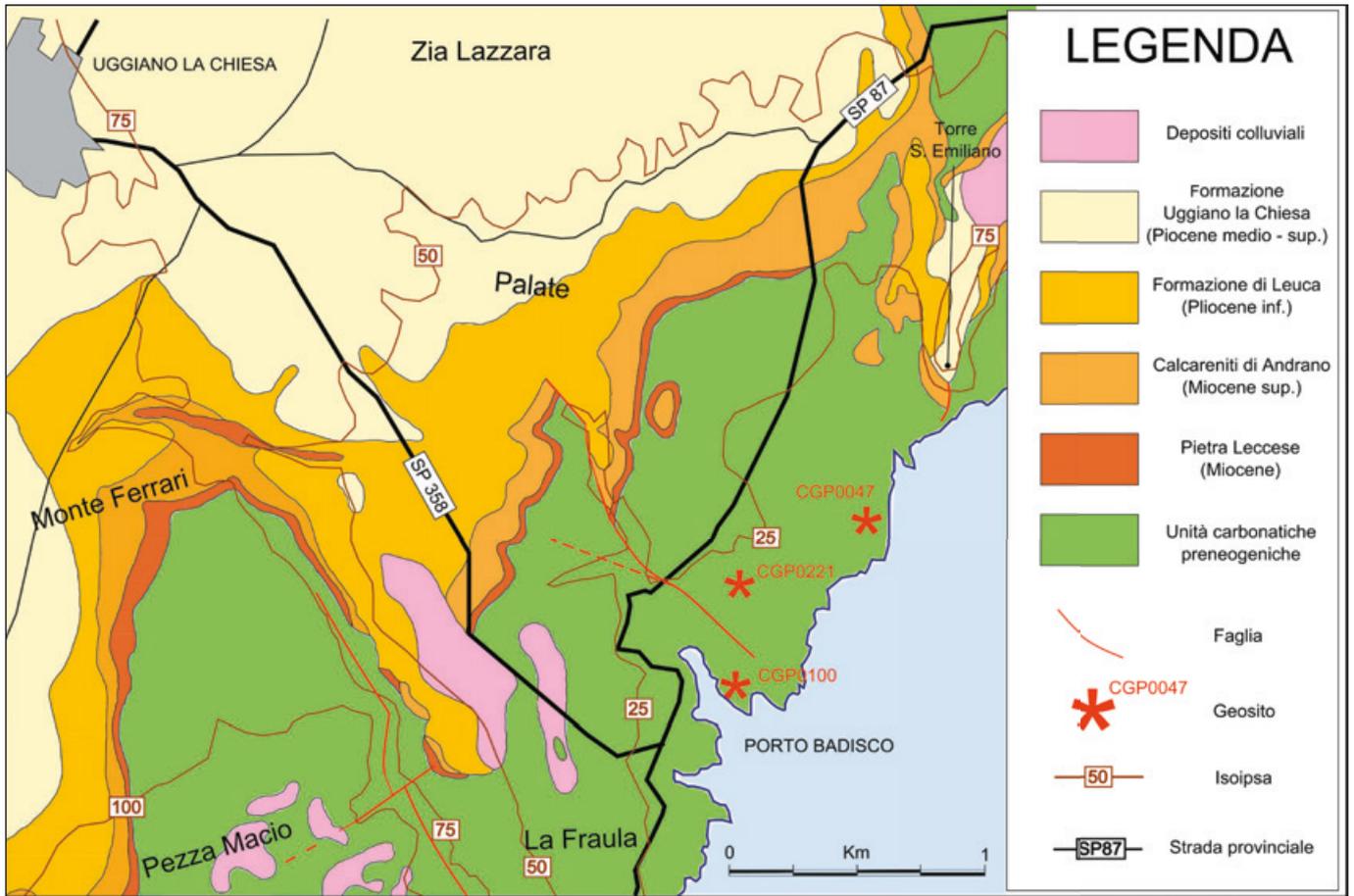



Figura 18 - Carta geologica schematica dell'area di Porto Badisco (Otranto, provincia di Lecce) (da Bossio *et al.*, 2005; mod.).

Uggiano la Chiesa (Pliocene medio – Pleistocene inferiore). La prima è costituita da brecce e conglomerati in ammasso caotico, disorganizzato e non stratificato, ad elementi carbonatici di unità diverse; a questa unità sono riferiti anche alcuni affioramenti di biomicriti glauconitiche presenti nell'area studiata. La Formazione di Uggiano la Chiesa affiora ampiamente nel settore nord-occidentale dell'area. L'unità mostra un'ampia variabilità nell'ambito delle rocce carbonatico-detritiche, sia per composizione, sia per grana o per compattezza. Si passa da sabbie calcareo-organogene poco cementate a calcari detritico-organogeni più o meno friabili, talvolta marnosi soprattutto nel tratto inferiore dell'unità, con prevalente grana medio-fine, a calcari con quantità variabile di componente marnosa; nella parte superiore sono spesso presenti calcari bioclastici grossolani, talora teneri talaltra tenaci.

Dal punto di vista strutturale le unità litostratigrafiche si presentano poco deformate, con strati sub-orizzontali o debolmente immergenti prevalentemente verso O o NO. Sono inoltre riconoscibili un paio di faglie normali orientate NO-SE, conformemente allo stile tettonico regionale.

6. LE CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DELL'AREA DI PORTO BADISCO

L'area costiera di Porto Badisco si sviluppa in corrispondenza di un basso morfologico delimitato da due versanti di origine strutturale allungati in direzione NO-SE. Il versante morfologicamente più evidente è quello che delimita il Monte Ferrari, all'estremità sud-occidentale dell'area; esso corrisponde ad una scarpata di faglia che si inizia ad individuare in corrispondenza del Monte Ferrari, a nord-ovest, e allungandosi in direzione NO-SE finisce per intersecare la linea di riva. Questa scarpata di faglia realizza il passaggio da un pianoro di modellamento carsico, posto intorno a 90-100 m di quota, alle superfici di modellamento marino presenti a quote più basse. Il bordo nord-orientale della depressione è rappresentato da una scarpata morfologicamente meno evidente, allungata anch'essa in direzione NO-SE, rilevabile nell'area di Torre Sant'Emiliano.

La depressione morfologica di Porto Badisco appare contrassegnata dalla presenza di una gradinata di terrazzi marini posta tra la quota di 60 m ed il livello del mare. Nel dettaglio è possibile riconoscere quattro ordini di superfici di abrasione di ampiezza variabile (Fig. 19).

La superficie del I ordine mostra il margine interno posto a quota 60 m mentre quello esterno è rilevabile a quota 55 m. Il margine esterno presenta una fitta indentatura per la presenza di brevi incisioni fluviali che si raccordano con il margine interno del terrazzo di ordine successivo. La più importante di queste incisioni si presenta profondamente incassata nel substrato roccioso sviluppandosi in direzione O-E, probabilmente lungo una lineazione tettonica, e delimita a settentrione il Monte

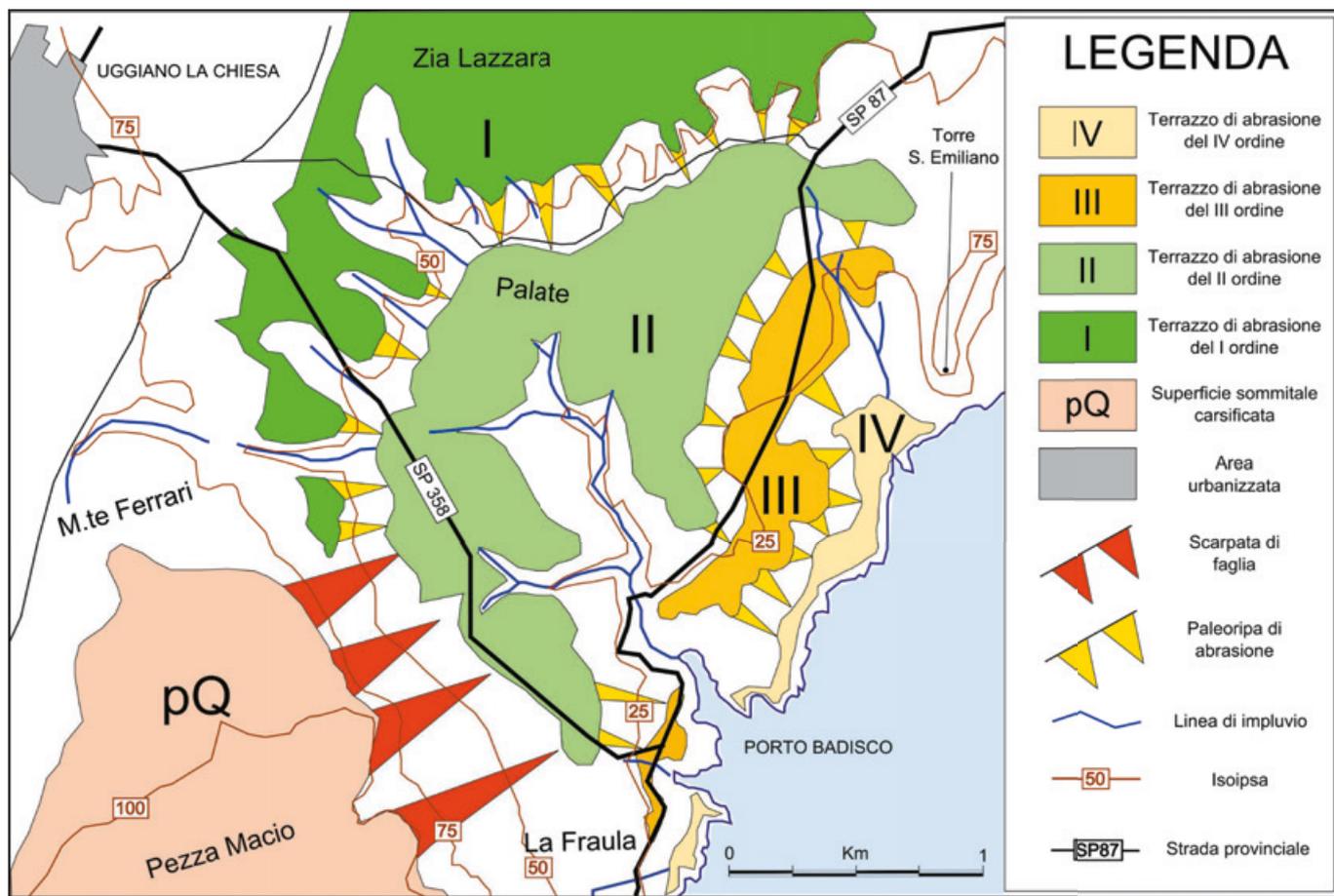



Figura 19 - Carta geomorfologica schematica dell'area di Porto Badisco (Otranto, provincia di Lecce).

Ferrari; questo solco riceve le acque del canale di bonifica "Minervino" che drena alcune aree depresse nei dintorni di Minervino e Uggiano la Chiesa.

La superficie terrazzata del II ordine è localmente la più ampia; essa si stende tra 40 m, quota del margine interno, e 30 m, quota del margine esterno. E' separata dalla superficie terrazzata del III ordine da un basso gradino, in alcuni punti eroso da incisioni fluviali poco profonde.

Le superfici terrazzate del III e IV ordine si sviluppano parallelamente alla linea di riva attuale nell'area compresa tra Torre Sant'Emiliano e località La Fraula. La prima mostra il margine interno a quota 25 m mentre quello esterno è individuabile a quota 20 m; la seconda, invece, si stende tra 10 m (quota del margine interno) e 8 m (quota del margine esterno). Quest'ultima superficie rappresenta il livello di base di un solco poco inciso che termina ai piedi del versante di Torre Sant'Emiliano e di un altro simile posto poco a sud della località Fraula.

Secondo Mastronuzzi *et al.* (2007) è possibile riconoscere nell'area altre tre superfici marine terrazzate attualmente poste al di sotto del livello del mare (Fig. 20). Le prime due sono rappresentate da piattaforme discontinue poste alla profondità di circa 5 m e 7 -10 m; la terza, invece, è costituita da un'ampia e continua piattaforma con il margine interno posto a quota -20 m circa.

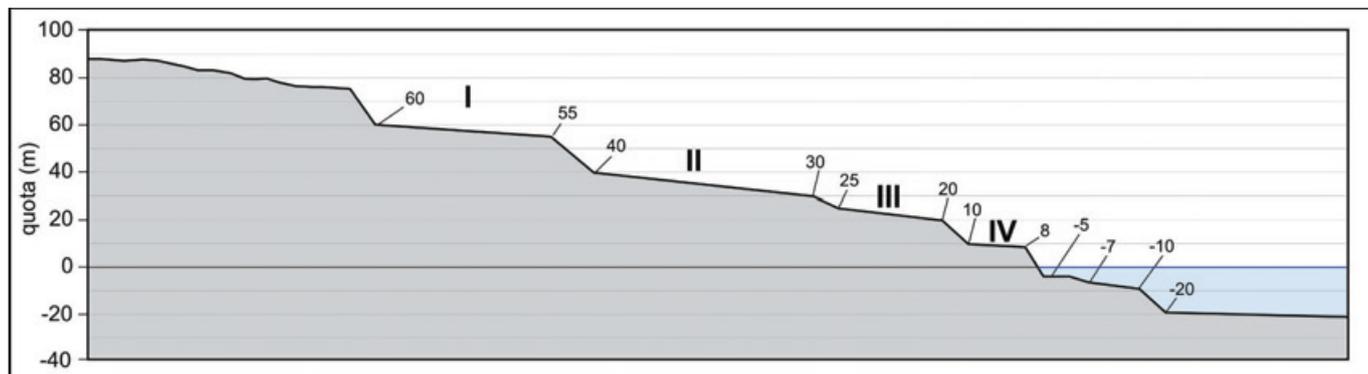



Figura 20 - Schema delle superfici marine terrazzate rilevate nell'area di Porto Badisco (Otranto, provincia di Lecce).

L'attribuzione cronologia dei terrazzi marini è alquanto problematica perché la loro natura di tipo erosivo determina la mancanza di dati utili per una loro diretta datazione. E' possibile però inquadrare lo sviluppo di queste forme sulla base delle conoscenze geomorfologiche regionali. Secondo Mastronuzzi *et al*. (2007), infatti, la penisola salentina ha subito un deciso sollevamento nel corso del Pleistocene medio seguito da una sostanziale stabilità tettonica nel corso degli ultimi 330 mila anni. Per questo il paesaggio costiero mostra una gradinata di superfici terrazzate a quote maggiore di 10 m circa, formatasi per la sovrapposizione del sollevamento tettonico alle variazioni glacioeustatiche del livello del mare durante la fase di sollevamento del Pleistocene medio. Nel corso degli ultimi 330 mila anni a causa della sostanziale stabilità tettonica dell'area gli effetti morfogenetici degli stazionamenti del livello del mare si sono sovrapposti in corrispondenza della fascia altimetrica compresa tra 6 m ed il livello del mare con il conseguente sviluppo di forme marine policicliche. Secondo questo quadro evolutivo, quindi, le superficie terrazzate presenti nell'area di Porto Badisco sarebbero da riferirsi al Pleistocene medio.

Un altro elemento morfologico importante del paesaggio fisico di Porto Badisco è rappresentato dal reticolo idrografico. Nel dettaglio esso appare costituito dalla sovrapposizione di differenti generazioni di brevi incisioni fluviali relitte che si raccordano con il margine interno dei terrazzi marini. Dal punto di vista cronologico ogni generazione di reticolo va quindi riferita all'età del modellamento del corrispondente terrazzo marino per cui anche lo sviluppo della rete idrografica relitta è da attribuire nel suo insieme al Pleistocene medio. Rappresenta probabilmente una eccezione il solco fluviale di Porto Badisco che per dimensioni e organizzazione del reticolo deve essersi sviluppato in condizioni climatiche particolarmente favorevoli. Questa valle relitta si presenta infatti decisamente approfondita nel substrato geologico e mostra un accenno di organizzazione gerarchica. L'asta principale si raccorda probabilmente al margine interno dell'ampia piattaforma sommersa che caratterizza la morfologia dei fondali di quest'area a circa 20 metri di profondità. La parziale sommersione della valle relitta a seguito della risalita olocenica del livello del mare ha determinato la formazione dell'insenatura di Porto Badisco, che costituisce di fatto una piccola *ria*.

Anche in questo non si hanno a disposizione dati che permettano un'attribuzione cronologica diretta della incisione di Porto Badisco. E' possibile comunque formulare alcune ipotesi sulla base di studi regionali focalizzati sulla genesi della rete idrografica relitta nell'area centrale della regione pugliese (Mastronuzzi & Sansò, 2002). Studi effettuati nell'area costiera di Monopoli (BA), sul lato adriatico della penisola, e nell'entroterra tarantino su quello ionico, entrambe caratterizzate da sollevamento nel corso del Pleistocene superiore, hanno evidenziato lo sviluppo di una importante rete idrografica in corrispondenza dell'alto stazionamento del livello del mare verificatosi circa 200 mila anni fa (MIS 7), probabilmente a causa di condizioni climatiche particolarmente umide. Le curve attualmente disponibili delle variazioni del livello del mare nel corso delle ultime centinaia di migliaia di anni (Waelbroecker *et al*., 2002) indicano per questo periodo uno stazionamento del livello del mare eustatico proprio intorno alla quota di 20 m al di sotto del livello del mare attuale. Sulla base di queste considerazioni è possibile attribuire il modellamento della ampia piattaforma sommersa presente nell'area di Porto Badisco e lo sviluppo di solchi fluviali ben approfonditi allo stazionamento del livello del mare intorno a 20 m al di sotto della posizione attuale verificatosi circa 200 mila anni fa (MIS 7).

Infine, due forme particolari del locale paesaggio fisico sono da segnalare perché censite nel Catalogo dei Geositi della Regione Puglia (Mastronuzzi *et al*., 2015). La prima è rappresentata dal cordone di blocchi rocciosi di grandi dimensioni presente sulla superficie del terrazzo marino del IV ordine, a circa 80 m dalla linea di riva (CGP0047) (Fig. 18). I blocchi pesano sino a 70 tonnellate e costituiscono un accumulo articolato in due cordoni giustapposti, largo circa 30 m ed esteso circa 2.5 km. La quota massima del deposito identificabile nella cresta più vicina alla riva è di circa 11 m. L'accumulo è stato riferito all'impatto su questo tratto di costa del maremoto prodotto dall'evento sismico del 20 febbraio 1743 che ebbe il suo epicentro nel Canale d'Otranto (Mastronuzzi *et al*., 2007). L'altra forma, estremamente rilevante dal punto di vista geomorfologico e soprattutto archeologico, è la Grotta dei Cervi (CGP0221) (Fig. 18).

7. LE MODIFICAZIONI INDOTTE DALL'EVENTO PRECIPITATIVO DEL 18 NOVEMBRE 2021

La prima descrizione dell'insenatura di Porto Badisco ci viene fornita dal Galateo nel *De situ Iapygiae* (1527): "A quattro miglia da Otranto c'è una valle piccola ma amenissima e ricca di olivi, che gli abitanti chiamano frutteto; attraverso questa valle l'acqua scorre a ruscelli. Essa forma un piccolo porto che perciò gli abitanti chiamano Vadisco; è riparo di piccole navicelle".

Il Marciano nell'opera postuma *Descrizione, origini e successi della Provincia d'Otranto* (1855) ci descrive Vadisco come "piccola ed anemissima valle vestita di oliveti, dalla quale trascorrono nel mare alcuni ruscelli di acque ov'è il Porticello, ricovero di piccoli vascelli".

A questa prime semplici descrizioni segue quella del De Giorgi (1884): "Proseguendo l'escursione giungeremo al porto Badisco, piccolo seno di mare esposto al vento di scirocco, e continuazione di un burrone che s'interna entro terra verso N.O. Qui la costa è di facile accesso; ma di antico non rimane più niente se non le memorie dei corsari depredatori delle nostre terre. Vi è solo una torre circolare del secolo XVI a guardia del porto e una stazione pei doganieri che può dirsi ravvolta nel mantello della malaria. Tra la torre e il Seno di Portorusso trovai delle selci neolitiche e delle terre cotte preistoriche in abbondanza e addito questo luogo all'esame dei paleontologi. Il Galateo ed il Marciano parlano di Badisco, dei suoi uliveti, che gli abitanti dei luoghi dicono pomarii; e così appunto si appella la via che parte da Uggiano. Il

Figura 21 - L'aspetto dell'insenatura di Porto Badisco in una foto della prima metà del secolo scorso. Lo sbarramento prodotto dalla formazione di un cordone sabbioso in corrispondenza della linea di riva determinava la formazione di un piccolo laghetto costiero.

seno di mare è stretto ma profondo dieci metri presso la costa che qui si affonda quasi a picco nel mare".

L'analisi di foto storiche dell'insenatura di Porto Badisco evidenziano la formazione di un piccolo cordone sabbioso a permanenza stagionale che sbarrando il libero deflusso delle acque superficiali e quelle provenienti da piccole sorgenti ubicate sulla sponda settentrionale nell'insenatura, determinano la formazione di uno specchio d'acqua di limitata estensione (Fig. 21).

Il problema del ristagno delle acque superficiali nell'area a ridosso della linea di riva è stato risolto nel corso dello scorso secolo tramite degli interventi di bonifica. I lavori furono affidati alla ditta Pasquale Babbo ed iniziarono nel marzo 1935 per concludersi 5 mesi dopo. Vennero realizzati in questa fase una diga in muratura, lunga 100 metri ed alta 4 metri, circa 200 m monte della linea di riva, un canale di raccolta in destra orografica e un canale scolmatore, lungo 192 m e profondo 3 m, subito a monte della diga in sinistra orografica (Fig. 22). Probabilmente in questa fase fu realizzata la briglia posta 50 m a monte del ponte della SP 87 che scavalca l'incisione di Porto Badisco. Nonostante la mancanza di manutenzione questo sistema risulta ancora oggi efficiente, attivandosi durante gli eventi precipitativi più intensi, come avvenuto per esempio il 24 aprile 2014 quando si registrarono 37.2 mm di pioggia alla stazione di Minervino di Lecce e 46.0 mm a quella di Vignacastrisi (Fig. 23).

Attualmente l'incisione di Porto Badisco riceve le acque provenienti da un canale di bonifica realizzato probabilmente a seguito dell'evento precipitativo intenso

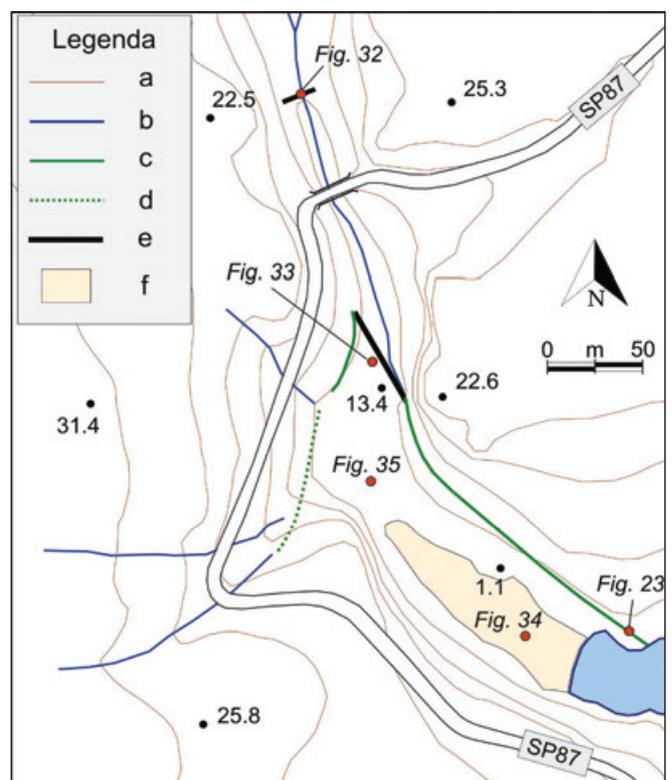



Figura 22 - Tipologia e ubicazione delle opere di bonifica realizzate in corrispondenza della insenatura di Porto Badisco nel 1935. Legenda: a - isoipsa (equidistanza 5 m); b – solco fluviale relitto; c – canale; d – canale distrutto; e – sbarramento; f – superficie di colmata antropica.

Figura 23 - Il canale scolmatore di Porto Badisco attivo il giorno 24 aprile 2014 a seguito di un evento precipitativo intenso.

dell'ottobre 1957. Il canale drena alcune depressioni morfologiche presenti nell'area di Minervino di Lecce e Uggiano la Chiesa (Fig. 24) per poi sfociare subito a nord di Monte Ferrari in corrispondenza di un solco relitto. Più a valle furono realizzati dei tratti di canale per raccordare dei solchi relitti di età diversa e quindi recapitare le acque ad una delle testate della grande incisione di Porto Badisco. Attualmente il canale riceve all'altezza della SP 358 un effluente del depuratore di Uggiano la Chiesa.

Le fotografie e le registrazioni video riprese durante l'evento di precipitazione intensa del 18 novembre 2021 liberamente consultabili in rete mostrano la riattivazione del solco fluviale relitto di Porto Badisco (Fig. 25) con lo stramazzo delle acque in corrispondenza della briglia a monte del ponte (Fig. 26). Il canale scolmatore in sinistra orografica si presenta interessato da un flusso violento mentre una forte erosione interessa la parte più bassa dell'insenatura (Fig. 27).

Nei giorni successivi all'evento di precipitazione intensa è stato realizzato un rilevamento dello stato dei luoghi lungo tutto il canale di bonifica "Minervino" e nell'incisione di Porto Badisco al fine di documentare gli

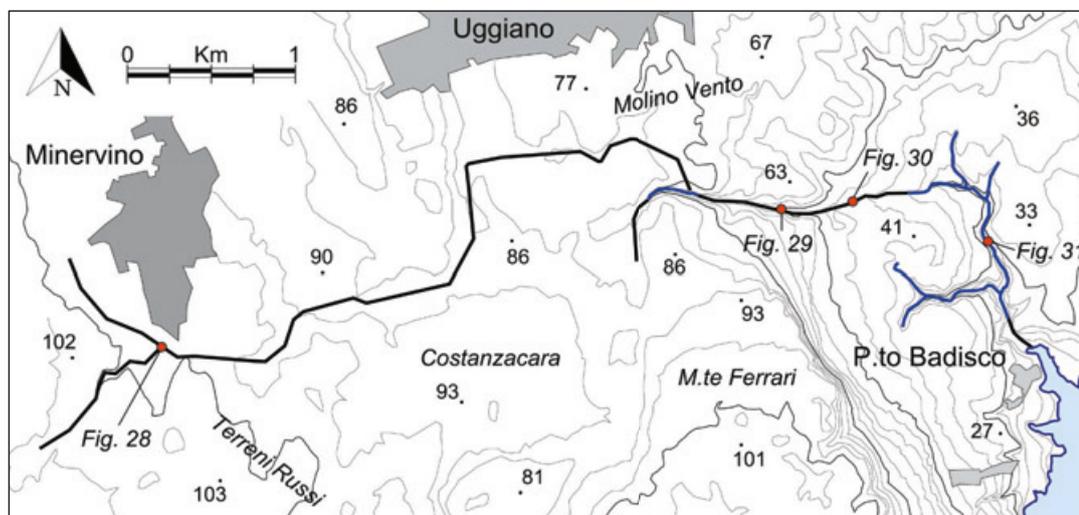



Figura 24 - Andamento planimetrico del canale di bonifica realizzato nei territori comunali di Minervino di Lecce e Uggiano la Chiesa. In nero sono indicati i tratti del canale o linee di impluvio canalizzate mentre in blu sono indicate le linee di impluvio ancora naturali.

Figura 25 - La riattivazione delle rete idrografica relitta nell'area di Porto Badisco a seguito dell'evento del 18 novembre 2021 (fonte: https://bari.repubblica.it).

Figura 26 - La situazione poco a monte della briglia alcune ore dopo l'evento (fonte: www.ambienteambienti.com).

effetti della riattivazione della rete idrografica relitta.

Il rilevamento indica che il canale non è stato interessato da evidenti criticità ad eccezione del punto in cui riceve in destra orografica un ramo secondario, alla periferia meridionale dell'abitato di Minervino (Fig. 28). Diffusi segni di dissesto sono stati invece rilevati a partire dall'incisione del Monte Ferrari sino a quella di Porto Badisco. La forza delle acque ha infatti divelto in più punti il rivestimento in calcestruzzo dei tratti di canale presenti tra Monte Ferrari e la testata dell'incisione di Porto Badisco (Fig. 29); un altro punto di criticità è stato rilevato in corrispondenza dell'intersezione del canale con la SP 358, all'altezza del depuratore di Uggiano la Chiesa (Fig. 30). All'interno dell'incisione di Porto Badisco risulta ben evidente il solco di erosione prodotto dalle acque di ruscellamento (Figg. 31, 32).

Figura 27 - L'aspetto dell'insenatura di Porto Badisco subito dopo l'evento del 18 novembre 2021 (fonte: www.pugliain.net).

Figura 28 - I danni prodotti dall'esondazione del canale di bonifica avvenuta alla periferia meridionale di Minervino di Lecce durante l'evento del 18 novembre 2021.

Fenomeni erosivi molto intensi si sono verificati nella stretta insenatura di Porto Badisco poco a valle dello sbarramento. Durante l'evento precipitativo, infatti, il livello dell'acqua a monte dello sbarramento ha superato la quota di innesto del canale di gronda in destra orografica che è così diventato un effluente del bacino artificiale. Questo effluente ha modellato un profondo solco di erosione al piede esterno dello sbarramento (Fig. 33) per poi infiltrarsi nel substrato alluvionale. L'emergenza di questa grande quantità di acqua di infiltrazione in corrispondenza del livello del mare ha promosso efficaci processi di scalzamento al piede (*sapping*), responsabili dell'erosione dell'area calpestabile realizzata con pietrame di calcarenite (Fig. 34) e della formazione della tipica nicchia in corrispondenza dell'area di risorgenza,

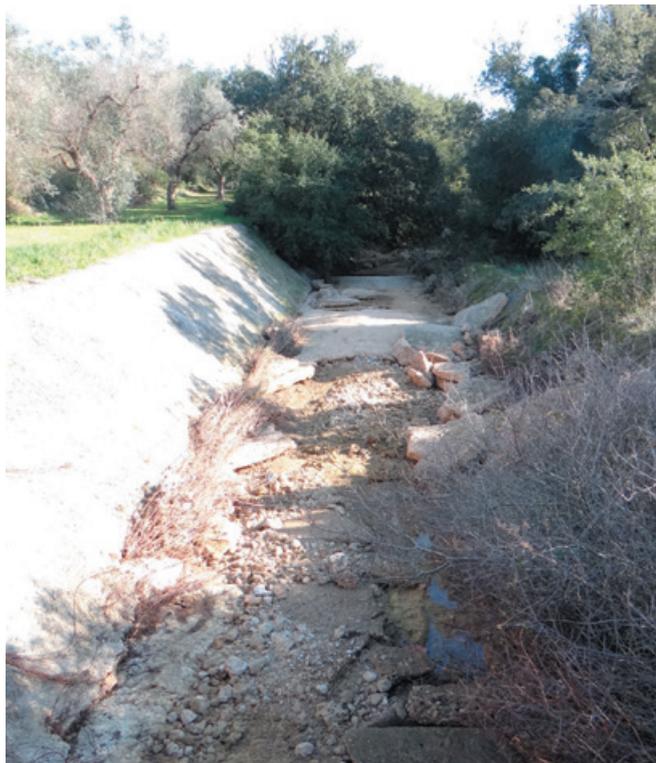



Figura 29 - Il rivestimento in calcestruzzo del canale di bonifica divelto dalla violenza delle acque durante l'evento del 18 novembre 2021.

Figura 30 - I danni prodotti dall'esondazione del canale di bonifica in corrispondenza della sua intersezione con la SP 358, all'altezza del depuratore di Uggiano la Chiesa.

Figura 31 - Aspetto dell'incisione di Porto Badisco un mese dopo l'evento del 18 novembre 2021.

Figura 32 - La briglia ed il ponte della SP 87 visti da nord un mese dopo l'evento.

Figura 33 - Lo sbarramento della incisione di Porto Badisco mostra alla base verso valle un solco erosivo prodotto dalle acque defluite attraverso un canale di gronda presente in destra orografica.

Figura 34 - La profonda erosione nell'insenatura di Porto Badisco prodotto dall'emersione delle acque di infiltrazione in corrispondenza dell'area prossima alla linea di riva.

Figura 35 - La nicchia erosiva formatasi in corrispondenza dell'area di emergenza delle acque di infiltrazione. E' ben visibile il deposito clastico eterometrico stratificato di colore marrone che costituisce il riempimento del solco relitto.

migrata rapidamente durante l'evento da valle verso monte (Fig. 35).

La profonda erosione del materiale di riempimento del solco relitto ha portato in affioramento, al di sotto di una massicciata antropica realizzata con materiale calcarenitico biancastro di varia pezzatura, brecce e conglomerati eterometrici di origine continentale con evidente stratificazione piano-parallela debolmente inclinata verso mare, evidenziata da livelli di sabbie argillose di colore marrone scuro. Sulla superficie di questo deposito clastico sono visibili i probabili segni di ruote.

8. CONCLUSIONI

L'evento precipitativo intenso che il 18 novembre 2021 ha investito l'area di Porto Badisco (comune di Otranto) posta lungo la costa orientale del Salento, ha presentato caratteri di eccezionalità. Le intensità di pioggia, infatti, hanno raggiunto e in alcuni casi superato quelle registrate durante il grande evento dell'ottobre 1957 anche se fortunatamente l'evento del 2021 è stato più circoscritto sia nello spazio che nel tempo.

L'evento è giunto alla fine di un periodo piovoso durato 5 giorni ed ha per questo prodotto una grande quantità di acque di ruscellamento con la conseguente riattivazione della rete idrografica relitta presente nell'area, con pesanti effetti soprattutto nel tratto terminale della grande incisione di Porto Badisco. Le acque qui recapitate da un canale di bonifica che drena una serie di depressioni poste tra i centri abitati di Minervino di Lecce e Uggiano la Chiesa, sommandosi con le acque di ruscellamento ricadute all'interno del bacino idrografico sotteso all'in-

senatura di Porto Badisco, hanno determinato il completo riempimento dell'invaso a monte di uno sbarramento realizzato a 200 m dalla linea di riva. Durante l'evento il livello delle acque ha quasi raggiunto il coronamento dello sbarramento nonostante la riattivazione del canale scolmatore in destra orografica e lo sversamento aggiuntivo attraverso il canale di gronda in sinistra orografica.

La grande quantità di acqua infiltratasi nel materasso alluvionale in corrispondenza del piede a valle dello sbarramento è riemersa con violenza in corrispondenza della linea di riva producendo intensi fenomeni di *sapping* che hanno provocato una forte erosione dei depositi alluvionali presenti sul fondo dell'incisione e la distruzione dell'originaria morfologia.

Purtroppo eventi precipitativi intensi con quello del 18 novembre 2021 sono destinati ad aumentare sia in intensità che frequenza a causa dei cambiamenti climatici in atto (IPCC, 2022), determinando un sensibile incremento della pericolosità idraulica soprattutto nell'area costiera orientale del Salento centro-meridionale, caratterizzata da profonde incisioni fluviale relitte. Queste forme del locale paesaggio fisico costituiscono degli elementi di elevata criticità e sarebbe per questo auspicabile una loro caratterizzazione geomorfologica di dettaglio finalizzata alla realizzazione di opere per la mitigazione del rischio idraulico.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano l'Ing. Tommaso Farenga per le informazioni storiche sulle opere di bonifica realizzate nell'insenatura di Porto Badisco. Si ringrazia il gruppo di Meteorologia Dinamica del CNR-ISAC di Bologna per aver reso disponibile l'archivio delle simulazioni numeriche ad alta risoluzione realizzate con i modelli MOLOCH e BOLAM.

BIBLIOGRAFIA

Bossio A., Mazzei R., Monteforti B., Salvatorini G. (2005) - *Stratigrafia del Neogene e Quaternario del Salento sud-orientale (con rilevamento geologico alla scala 1:25.000)*. Geologica Romana 38, 31-60.

Cipolla F., Guzzetti F., Lolli O., Pagliacci S., Sebastiani C., Siccardi F. (1994) - *Catalogo Nazionale delle località colpite da frane e da inondazioni - Progetto Speciale AVI*. CNR – IRPI – Perugia.

D'Oria M., Tanda M.G., Todaro V. (2018) - Assessment of Local Climate Change: Historical Trends and RCM Multi-Model Projections Over the Salento Area (Italy). Water 10, 978, 1-20.

De Ferraris A. (1553) - *De situ Iapygiae*. Basilea.

De Giorgi C. (1882-1888) - *Bozzetti di Viaggio*. Spacciante editore, Lecce.

Forte F. (2018) - *Le alluvioni e le avversità del tempo atmosferico nel Salento leccese*. Allegato a Geologi e Territorio, 1.

Forte F., Pennetta L., Strobl R.O. (2005) - *Historic records and GIS applications for flood risk analysis in the Salento peninsula (southern Italy)*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 5, 833–844,

Margiotta S., Negri S. (2007) - *Alla ricerca dell'acqua perduta*. Congedo ed., pp. 192.

Mastronuzzi G., Quinif Y., Sansò P., Selleri G. (2007) - *Middle-Late Pleistocene polycyclic evolution of a stable coastal area (southern Apulia, Italy)*. Geomorphology, 86, 393 – 408.

IPCC (2022) - *Sesto Rapporto di Valutazione (AR6)*. Rapporto del II Gruppo di Lavoro dell'IPCC relativo agli impatti dei cambiamenti climatici su ecosistemi, biodiversità e comunità umane.

Marciano G. (1855) - *Descrizione, origini e successi della Provincia d'Otranto*. Stamperia dell'Iride, pp. 569.

Mastrangelo D., Horvath K., Riccio A., Miglietta M. M. (2011) - *Mechanisms for convection development in a long-lasting heavy precipitation event over southeastern Italy*. Atmos. Res, 100, 586–602.

Mastronuzzi G., Sansò P. (2002) - *Pleistocene sea-level changes, sapping processes and development of valley networks in the Apulia region (southern Italy)*. Geomorphology, 46, 19-34.

Mastronuzzi G., Pignatelli C., Sansò P., Selleri G. (2007) - *Boulder accumulations produced by the 20th of February, 1743 tsunami along the coast of southeastern Salento (Apulia region, Italy)*. Marine Geology, 242, 191-205.

Mastronuzzi G., Valletta S., Damiani A., Fiore A., Francescangeli R., Giandonato P.B., Iurilli V., Sabato L. (2015) (a cura di) - *Geositi di Puglia*. Stampato da Sagraf srl, pp. 395.

Mennella C. (1967) - *Il clima d'Italia*. F.lli Conte Ed., Napoli.

Miglietta M. M., Mazon J., Rotunno R. (2017) - *Numerical simulations of a tornadic supercell over the Mediterranean*. Weather and Forecasting, 32, 1209-1226.

Portaluri S., Sanso' P. (2003) - *Morfologia carsica e fenomeni di alluvionamento nel Salento leccese sud-orientale*. Thalassia, 26, 113-120.

Thornthwaite C.W. (1948) - *An approach toward a rational classification of climate*. Geogr.Rev., 38 (1), 55-94.

Waelbroeck C., Labeyrie L., Michel E., Duplessy J.C., McManus J.F., Lambeck K., Balbon E., Labracherie M. (2002) - Sea level and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. Quaternary Science Reviews 21, 295–305.

Zito G., Ruggiero L., Zuanni F. (1988) - *Zone climatiche omogenee in Puglia*. Atti II colloquio "Approcci metodologici per la definizione dell'Ambiente fisico biologico mediterraneo". Lecce, pp. 15-40.

Società Italiana di Geologia Ambientale **(SIGEA) - APS**
Sezione Puglia

con il patrocinio

Regione Puglia

organizzano il

CONCORSO FOTOGRAFICO

"Passeggiando tra i Paesaggi Geologici della Puglia"

13ª edizione 2022

La SIGEA Sezione Puglia e l'Ordine dei Geologi della Puglia, al fine di promuovere la conoscenza e la valorizzazione dei siti di interesse geologico (geositi) e i paesaggi geologici della Regione Puglia, bandiscono la tredicesima edizione del concorso fotografico come di seguito specificato.

Il concorso prevede le seguenti **Sezioni**:

A. "Paesaggi geologici o geositi"
B. "La geologia prima e dopo l'Uomo"
C. "Una occhiata al micromondo della geologia"

La sezione A sarà dedicata ad immagini di luoghi, paesaggi, siti a valenza geologica dove gli elementi geologici o i singoli affioramenti hanno sviluppato forme di qualsiasi tipo e genere.
La sezione B sarà dedicata ad immagini di opere antropiche che si integrano nel contesto geologico o geomorfologico.
La sezione C sarà dedicata ad immagini di elementi paleontologici, sedimentologici e petrografici ripresi a dimensioni naturali o al microscopio.

La partecipazione al concorso è **TOTALMENTE GRATUITA**. Possono partecipare tutti coloro che sono interessati a condividere le emozioni ricevute attraverso la rappresentazione di uno degli aspetti dei "paesaggi geologici" della Puglia.
Le foto dovranno essere inviate entro il **30 settembre 2022**, seguendo le istruzioni disponibili sui siti web degli organizzatori. Info: **foto.paesaggi.puglia@gmail.com**
La premiazione, la cui data sarà comunicata sui siti web degli organizzatori, avverrà durante una manifestazione appositamente organizzata ed associata ad una iniziativa pubblica da tenersi in Bari.

Con il sostegno di

Apogeo S.r.l.
Via Caduti di Nassiriya, 170 - 70022 Altamura (Ba) - Tel. 080.3143324 - www.apogeo.biz

REGOLAMENTO, MODALITÀ DI PARTECIPAZIONE E SCHEDA AUTORE:
http://puglia.sigeaweb.it e **www.geologipuglia.it**

Info:
Segreteria organizzativa del concorso:
Silvio Spizzico (Ordine dei Geologi della Puglia) • *Vincenzo Iurilli* (SIGEA Sezione Puglia)
Ordine dei Geologi della Puglia
Via Junipero Serra, 19 - 70125 BARI

n° 1/2022 - pagg. 25-32

IDROGEOLOGIA DEGLI ECOSISTEMI DIPENDENTI DALLE ACQUE SOTTERRANEE: IL CASO STUDIO DELL'AREA UMIDA COSTIERA DI UGENTO (LE)

Giorgio De Giorgio

Libero professionista - Iscritto ORG Puglia, n. 704 - info@studiodegiorgio.net

1. INTRODUZIONE

Nel corso dell'ultimo secolo, più precisamente nella sua seconda metà, le aree costiere hanno progressivamente assunto un ruolo di primaria importanza per lo sviluppo socio-economico. In Europa negli ultimi decenni la popolazione insediata in queste aree è più che raddoppiata, portandosi nel 2001 a 70 milioni di abitanti, pari a circa il 16% del totale (Petrillo, 2007); in Italia, per la sua conformazione fisiografica che la porta ad essere bagnata dal mare per circa i 2/3 del suo perimetro, l'accennata percentuale supera il 50% (Petrillo, *op. cit*.). Ciò ha determinato un crescente sviluppo delle attività commerciali, industriali e ricreative legate alla crescente pressione antropica, con conseguente aumento dell'urbanizzazione, in molti casi abusiva, e delle infrastrutture stradali e marine, realizzate per lo più senza adeguati criteri di compatibilità territoriale, che hanno determinato un progressivo deterioramento delle condizioni ambientali delle fasce costiere. Altrettanto si è verificato nelle aree umide, le cui peculiari condizioni idro-geomorfologiche assumono fondamentale importanza per il mantenimento di delicati equilibri eco sistemici. Per lungo tempo queste aree sono state considerate improduttive e fonti di malaria. La ratifica della Convenzione di Ramsar (1971) ha contribuito a far considerare con la dovuta attenzione questi ambienti. Essi, infatti, per i particolari caratteri ambientali che li caratterizzano, svolgono una funzione di mitigazione climatica, contribuiscono, per i 2/3 della loro capacità, alla formazione del vapore acqueo nell'atmosfera (Richardson & McCarthy, 1994) e alla riduzione dell'effetto serra (O.T.A., 1993). La collettiva presa di coscienza dell'importante ruolo svolto da questi ambienti paralici quindi, ha dato l'avvio ad una innovazione concettuale sulla tutela e la valorizzazione delle aree umide, attraverso la coniugazione della conservazione delle risorse naturali, il loro uso sociale e la ricerca dello sviluppo compatibile per le popolazioni insediate, resa tangibile inoltre, dai numerosi programmi scientifici sia di livello nazionale che internazionale che hanno focalizzato i loro obiettivi verso una migliore conoscenza ed una migliore gestione di questi ambienti.

La Puglia, che in base ai dati satellitari rappresenta la regione italiana peninsulare a maggior sviluppo costiero (940 km), possiede un esteso patrimonio ambientale che, per quel che concerne le aree umide, è costituito sia da quelle naturali che da quelle profondamente condizionate dall'intervento antropico. Alcune di queste aree sono degradate a causa della crescente pressione antropica che si è verificata negli ultimi decenni, i cui effetti hanno condotto ad un progressivo aumento del grado di inquinamento e di vulnerabilità delle risorse idriche presenti lungo la costa ed alla modifica di alcuni habitat di particolare valenza e pregio naturalistico con conseguente depauperamento della biodiversità.

Alla luce di queste considerazioni risulta chiara la necessità di approfondire le conoscenze relative a questi complessi sistemi ambientali attraverso l'uso degli strumenti e delle metodiche di studio più efficaci ed innovative, cercando di valutare sia a livello qualitativo che quantitativo le interazioni tra fattori antropici, fisici ed idrogeologici ed i loro effetti sugli equilibri del sistema.

L'idrogeologia in particolare, risulta avere un ruolo chiave nella tutela e nella salvaguardia di questi ambienti, classificati appunto come Ecosistemi Dipendenti dalle Acque Sotterranee, a testimonianza della stretta connessione esistente tra l'acqua e l'ambiente.

A tale riguardo, delle aree umide pugliesi interessate da queste problematiche, nel presente articolo saranno illustrati i caratteri geologici ed idrogeologici della fascia costiera ugentina, zona considerata sito di interesse comunitario (S.I.C. con D.M. n.157 del 21.07.2005), ai sensi della direttiva europea 92/43/CEE "habitat", classificato come *wetland* (area umida) sulla base della definizione internazionale codificata e ratificata dalla Convenzione di Ramsar (Iran) del 1971 ed attualmente Parco Naturale Regionale "Litorale di Ugento" (L.R. n.13 del 28/05/2007) (Fig. 1).

2. L'AREA UMIDA DI UGENTO E STORIA DELLA BONIFICA

La fascia costiera del territorio comunale di Ugento, tra Torre San Giovanni e Lido Marini, ospita uno tra i maggiori sistemi lacustri della Penisola Salentina, formato da sette bacini artificiali di diversa estensione collegati tra loro da canali collettori aventi lo scopo di drenare verso mare le acque in eccesso presenti in superficie e legate all'emersione della falda superficiale.

Questo complesso sistema di bonifica ha acquisito nel tempo notevole importanza legata alla presenza di numerose specie di uccelli migratori e stanziali che utilizzano questo ambiente come area di sosta, di riproduzione e di alimentazione. Questi bacini infatti, si posizionano sulle principali rotte di migrazione, raccogliendo quindi specie di uccelli provenienti dal Nord Africa, dai Balcani e dal Nord Europa.

La realizzazione della bonifica della fascia costiera di questo tratto di costa ionica ha preso avvio dall'esigenza di risanare e utilizzare quelle porzioni di territorio che, a

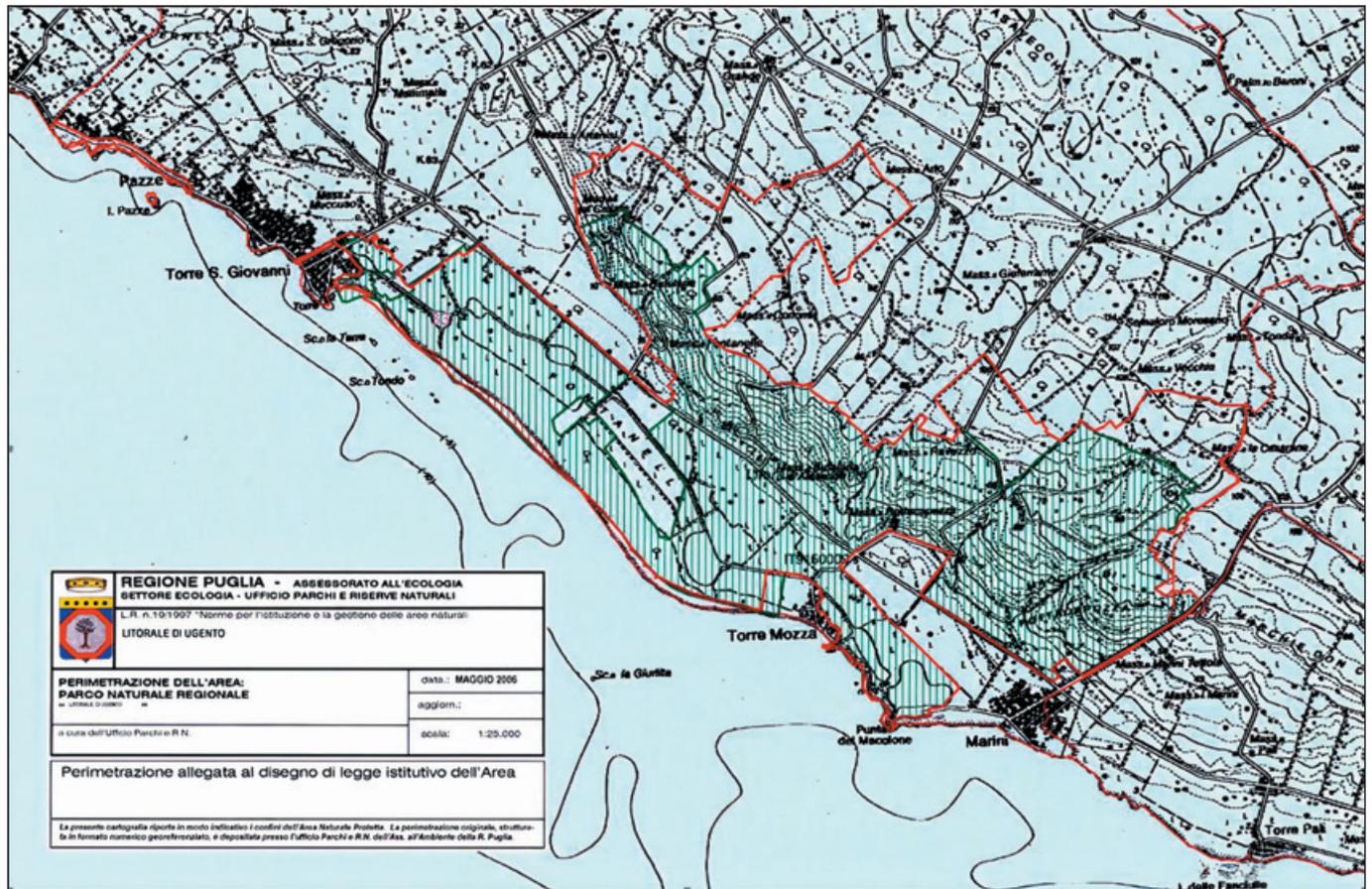



Figura 1 - Perimetrazione ufficiale del Parco Naturale Regionale "Litorale di Ugento": con il retino verde è indicata la Zona 1; la linea rossa priva di retino indica la Zona 2.

causa dell'impaludamento e del prolungato ristagno d'acqua, risultavano essere improduttivi e fonti di malaria. Le prime testimonianze documentali relative alla progettazione delle opere di bonifica risalgono al 1855, anno in cui fu emanato il Regio Decreto dal Ministro borbonico Morena, che rimase inattuato a causa della sopravvenuta fine del Regno Borbonico. Successivamente il Comune di Ugento e la Prefettura di Lecce predisposero una serie di documenti evidenziando la necessità di realizzare interventi strutturali per rendere più facili le operazioni di bonifica del tratto costiero.

Un organico progetto di bonifica della zona si ebbe nel 1901, quando l'Amministrazione provinciale di Terra d'Otranto commissionò agli ingegneri Fazzi, D'Ercole e Bernardini la stesura di un "Progetto di risanamento igienico". Il progetto redatto prevedeva la separazione delle acque *alte* da quelle *basse* attraverso la realizzazione di canali allaccianti ed il prosciugamento meccanico delle acque palustri mediante il posizionamento di due idrovore a Torre Mozza e Torre Pali. A causa delle elevate spese di realizzazione e di manutenzione degli impianti, tale progetto fu abbandonato e si dovette attendere il 1934, quando con il Progetto Biasco si diede l'avvio all'effettivo risanamento del territorio. Le opere di bonifica progettate adottavano il principio dei canali a marea che, con i relativi bacini di espansione avrebbero bonificato i comprensori delle paludi Mammalie, Rottacapozza, Spunderati e Pali (Fig. 2 A). I materiali di risulta provenienti dagli scavi inoltre, sarebbero stati utilizzati per la colmata delle aree depresse in cui comunque non era necessaria la realizzazione di un bacino.

Le prime opere furono realizzate nel triennio 1936-38, mediante le quali furono bonificati i comprensori delle paludi denominate Mammalie e Pali (Fig. 2 A). Per il primo furono costruiti tre bacini di espansione (Suddenna, Bianca e Ulmo) collegati da un canale collettore lungo circa 2000 m che sfociava a Torre San Giovanni (Fig. 2 B).

Esso permetteva l'ingresso delle acque marine durante le fasi di alta marea e l'uscita di quelle dolci di falda drenate dai canali e dai bacini durante le fasi di bassa marea, con il conseguente miscelamento delle due tipologie di acqua e la loro maggiore salubrità nelle fasi di ristagno. Per il secondo comprensorio invece, si rese necessaria la realizzazione di un unico bacino di espansione (Pali), collegato a mare da un canale che sfociava in due punti.

Il principio di funzionamento era il medesimo. Infatti, il posizionamento del fondo del bacino al di sotto della superficie piezometrica della falda superficiale permetteva di drenare i terreni adiacenti, fungendo quindi da richiamo per l'acqua di falda, abbassandone la superficie piezometrica e modificando le sue linee di deflusso. I materiali di risulta provenienti dallo scavo dei bacini inoltre,

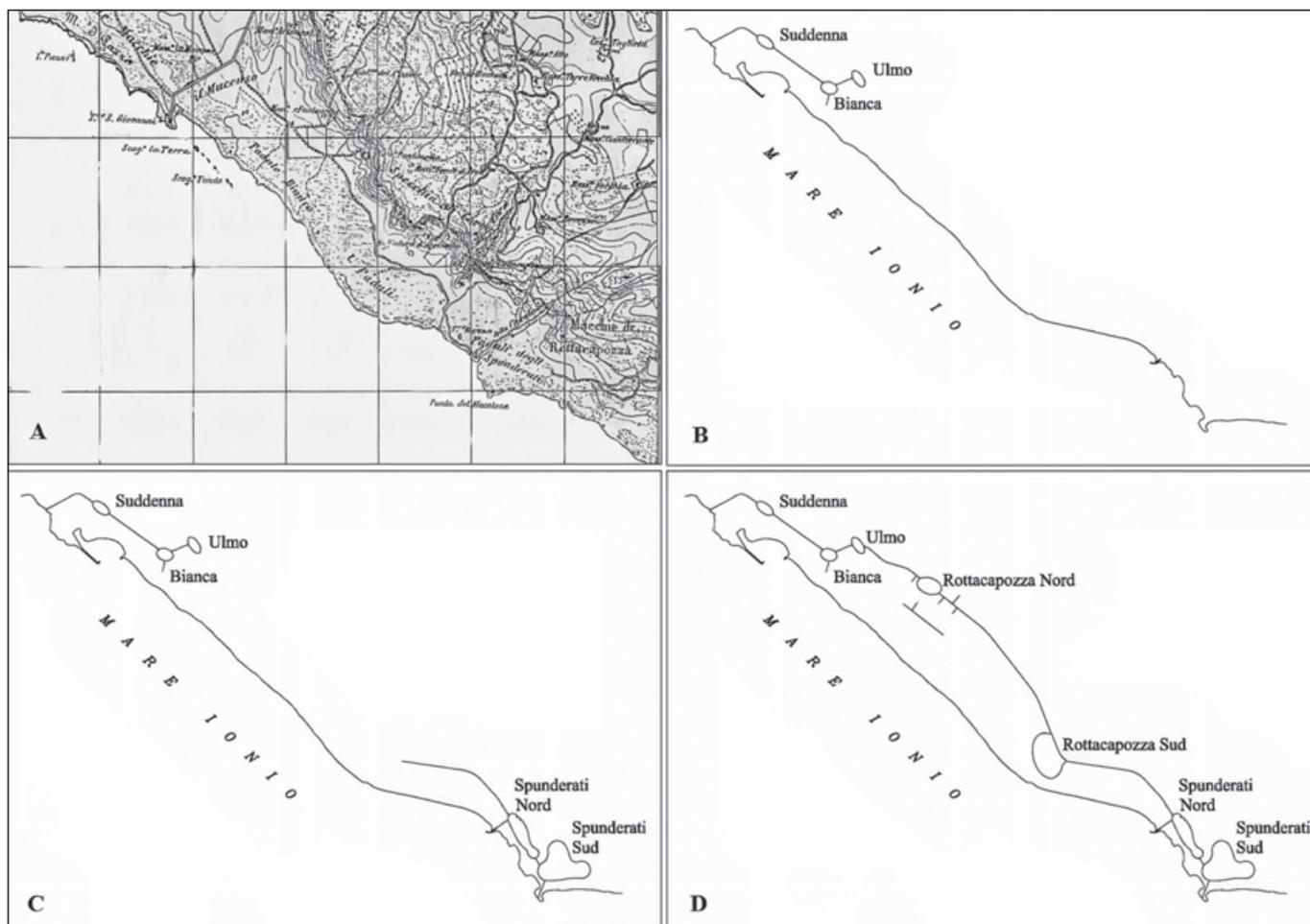



Figura 2 - Fasi della bonifica dell'area umida di Ugento. A – Carta topografica IGM 1:50000 del 1847; B – Primi interventi di bonifica della fascia costiera di Ugento (1936-1938); C – Interventi del periodo 1939-1950 che hanno condotto alla bonifica della palude Spunderati; D – Interventi di bonifica dell'area paludosa Rottacapozza con i quali è stata completata la bonifica integrale del litorale ugentino.

furono utilizzati per la colmata del comprensorio delle paludi di Rottacapozza, zona in cui la superficie topografica risultava depressa rispetto alla quota della superficie piezometrica che venendo a giorno ne provocava l'impaludamento. Mediante questa operazione il piano campagna fu elevato in modo da inibire la venuta a giorno della superficie piezometrica.

Nel 1939 fu redatto il progetto di bonifica della palude Spunderati che, approvato nel 1941, fu abbandonato a causa dei noti eventi bellici che non ne permisero la realizzazione. Il progetto comunque fu ripreso nel 1950 e prevedeva la realizzazione di due bacini di espansione nelle zone più depresse dell'area e la colmata di quelle residue, che si trovavano ad una quota relativamente più elevata rispetto alle altre, e collegati tra di loro da un canale a marea che sfociava a mare in due punti, a Torre Mozza e Punta del Mocolone, dove erano affioranti terreni calcarenitici che avevano un maggior grado di coesione rispetto a quelli affioranti nelle immediate vicinanze (Fig. 2 C).

A questa condizione, verosimilmente, si può imputare la differente forma dei due bacini: trilobata per quello posizionato nella zona meridionale di Spunderati e bilobata ed allungata in direzione NW-SE per quello nella zona Spunderati nord. Da ciò si può dedurre che le aree depresse maggiormente estese si trovassero nei pressi di punta del Mocolone.

Nel 1951 infine, venne attuata la bonifica del comprensorio delle paludi di Rottacapozza con la realizzazione di due bacini di espansione comunicanti tramite un canale collettore che venne collegato nella parte settentrionale al bacino di bonifica Ulmo e nella parte meridionale al bacino Spunderati Nord (Fig. 2 D).

Gli interventi di risanamento sanitario realizzati nella prima metà del secolo scorso hanno consentito la bonifica integrale dell'area e reso così idoneo l'insediamento stabile della popolazione lungo la costa. Questa condizione ha comportato successivamente una serie di modifiche degli equilibri naturali in quanto è cominciato lo sfruttamento delle risorse idriche del territorio per scopi agricoli ed è stato modificato progressivamente l'uso del suolo.

Attualmente, per mantenere efficiente la funzionalità originaria dei bacini di bonifica, è necessario che il sistema sia costantemente manutenuto attraverso continue operazioni di dragaggio e pulizia per non incorrere in quei problemi che, in un passato non molto lontano,

hanno portato all'eutrofizzazione delle acque degli stessi bacini ed a morie ittiche legate all'anossia.

3. IL CONTESTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico, la Penisola Salentina fa parte dell'Avampaese apulo di cui rappresenta il settore più meridionale. Il quadro stratigrafico è tra i più completi dell'intera regione, in quanto nel territorio salentino affiorano successioni sedimentarie, in prevalenza carbonatiche, la cui età è riferibile a tutti i periodi compresi tra il Cretaceo superiore e l'attuale.

L'area oggetto di studio si colloca nella zona sud-occidentale di questo tratto di avampaese ed è possibile distinguerla in due settori morfostrutturali principali, uno interno e uno costiero, aventi peculiari caratteri geologici e morfologici (Fig. 3).

Nel settore più interno, affiorano spesse sequenze di strati calcarei e calcareo-dolomitici di età cretacea su cui poggiano lembi discontinui di rocce calcarenitiche infrapleistoceniche, grossolanamente stratificate, tenere e porose, riferibili alla formazione della Calcarenite di Gravina (Ciaranfi *et al*., 1988).

La fascia costiera risulta caratterizzata dall'affioramento di successioni sedimentarie quaternarie, rappresentate da calcareniti e sabbie appartenenti all'unità dei Depositi Marini Terrazzati, da depositi sabbiosi di spiaggia e da sedimenti limoso-sabbiosi di origine palustre. Sulla base delle stratigrafie di alcuni pozzi profondi perforati in zona, è stato possibile accertare che tali depositi poggiano su una spessa successione, non affiorante, di limi argillosi grigio-azzurri, fossiliferi, di età infrapleistocenica, appartenenti alla formazione delle Argille subappennine (Margiotta e Negri, 2004; Calò e Tinelli, 2004).

Dalle perforazioni eseguite, sono scaturite altresì nuove conoscenze che consentono di comprendere meglio i caratteri della circolazione idrica sotterranea ed i suoi rapporti con la zona umida costiera. Dal quadro emerso (Margiotta e Negri, 2004; Calò e Tinelli, 2004) risulta infatti che in corrispondenza della fascia costiera, il tetto dei calcari mesozoici, per l'esistenza di una faglia con andamento pressoché parallelo alla linea di costa, si rinviene tra m 70 e m 99 di profondità. Su di essi poggia la Formazione di Galatone, di età oligocenica, costituita da una alternanza di calcareniti, argille e calcari; lo spessore complessivo è di circa 22 m. Su tale formazione segue in trasgressione la Calcarenite di Gravina, il cui spessore è di 20-30 m, e su di essa, in continuità di sedimentazione, le Argille subappennine, costituenti un banco dello spessore di circa 40 m, su cui giacciono i depositi quaternari costituiti essenzialmente da calcareniti e sabbie.

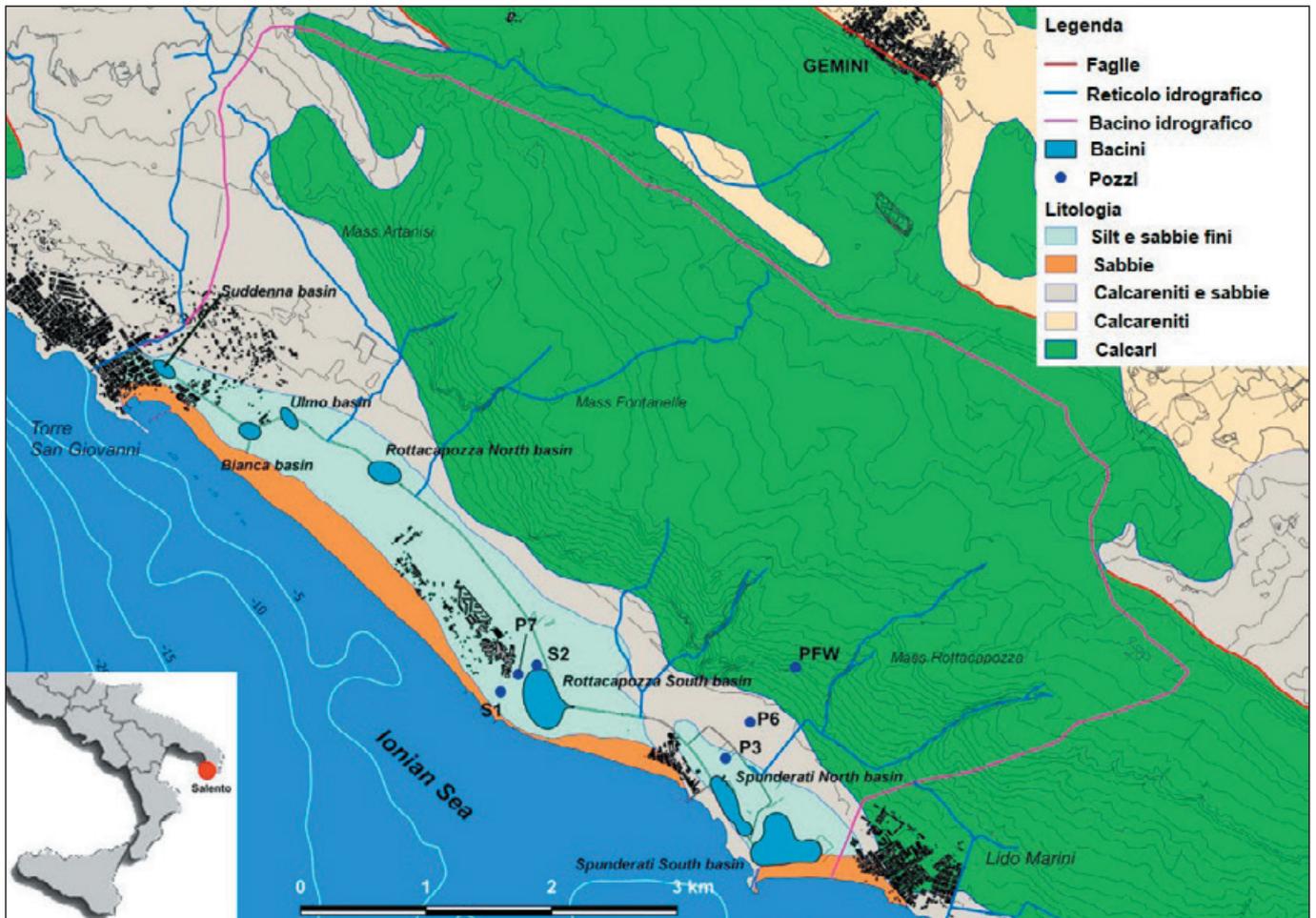



Figura 3 - Carta geologica dell'area di studio (da De Giorgio *et al*., 2019, mod.).

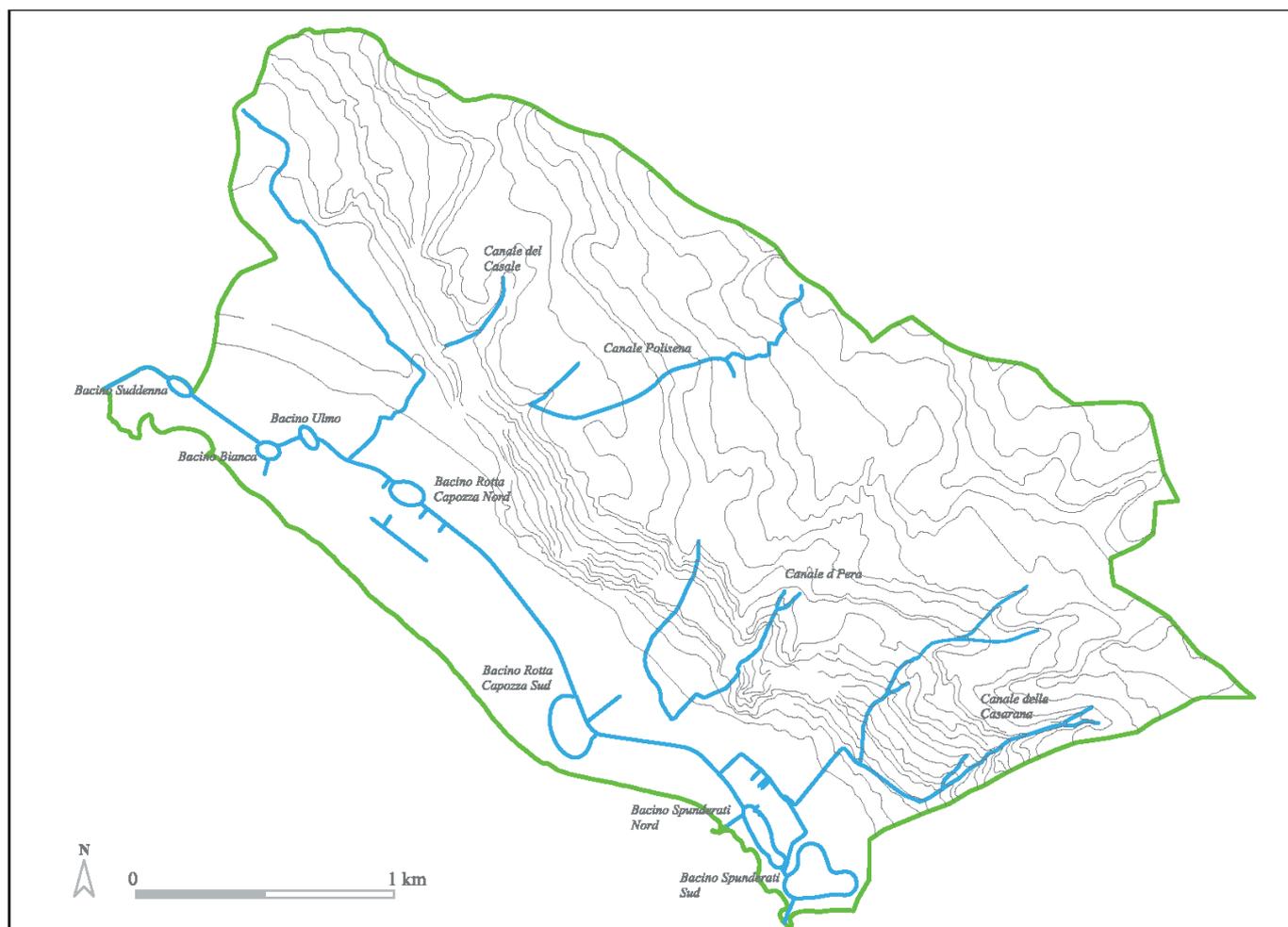



Figura 4 - Reticolo idrografico del litorale di Ugento; in verde, la linea di spartiacque del bacino idrografico sotteso dall'area umida.

4. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

Nella descrizione dei lineamenti geologici si è evidenziato come nell'area di studio sia possibile distinguere due zone morfostrutturali principali, una interna e una costiera, ciascuna con peculiari caratteri geologici e geomorfologici. Nella zona interna, dove affiorano diffusamente i calcari mesozoici, i corsi d'acqua superficiali sono assenti, per cui il drenaggio delle acque meteoriche avviene attraverso le "lame", che costituiscono i naturali impluvi, a regime effimero, durante i periodi di più intensa piovosità (Fig. 4). Si tratta di profonde incisioni vallive ad andamento NE-SW e solo nel settore settentrionale del bacino idrografico è presente una linea di impluvio avente andamento NW-SE, che si raccorda alla fascia costiera attraverso un canale artificiale (Fig. 4). L'area costiera invece, è caratterizzata da un complesso sistema di canali di scolo, canali collettori e bacini che sfociano in mare a Torre San Giovanni, a Torre Mozza e in corrispondenza della Punta del Mocolone (Fig. 4).

4.1 Serie Idrogeologica

La caratterizzazione idrogeologica dell'area è stata compiuta attraverso l'analisi dei dati bibliografici (Basset *et al.*, 2003; De Giorgio *et al.*, 2019; Fidelibus e Tulipano, 2004; Maggiore e Pagliarulo, 2002; 2003; Polemio *et al.*, 2002; Tadolini *et al.*, 1995), delle osservazioni in sito, del censimento dei pozzi, dei dati del monitoraggio, delle analisi chimiche delle acque di falda e dei bacini di bonifica, e delle perforazioni di sondaggio realizzate nell'area che hanno consentito una differenziazione delle rocce affioranti in unità idrogeologiche. Ciascuna unità va intesa come insieme di litotipi simili, aventi una unità spaziale e giaciturale, un tipo di permeabilità prevalente in comune e un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto. L'identificazione idrogeologica, basata sui caratteri litologico-strutturali delle formazioni affioranti, ha consentito di circostanziare il differente grado di permeabilità delle rocce, da cui derivano comportamenti assai variabili nella modalità e nella misura con le quali le acque di provenienza meteorica le interessano e si infiltrano nel sottosuolo.

La zonazione proposta individua sei unità idrogeologiche, ciascuna contraddistinta da una classe litologica prevalente, che si identificano con altrettante classi di permeabilità (Fig. 5): Unità limoso-sabbiosa (b), rappresentata da depositi continentali limoso-sabbiosi scarsamente permeabili per porosità d'interstizi; Unità limosa (e), rappresentata da limi e sabbie limose a basso grado di permeabilità; Unità sabbiosa (d), rappresentata da sabbie di spiaggia e di dune costiere da mediamente permeabili

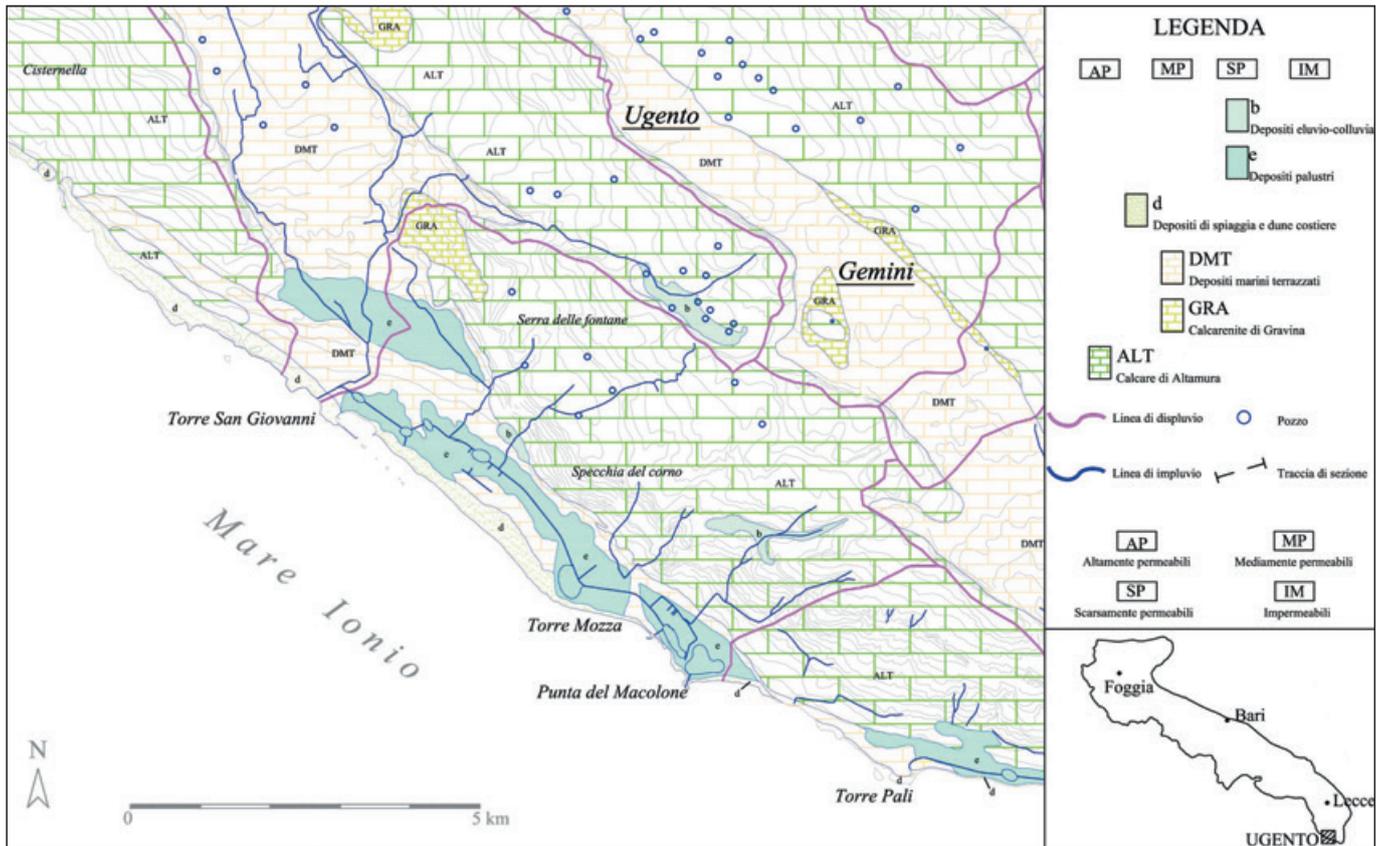



Figura 5 - Carta idrogeologica dell'area di studio.

a permeabili; Unità calcarenitico-sabbiosa (DMT), rappresentata da calcareniti a diverso grado di tenacità, in strati e banchi, associate a sabbie scarsamente addensate mediamente permeabili per porosità di interstizi; Unità calcarenitica (GRA), rappresentata da calcareniti organogene, massicce o con cenni di stratificazione, mediamente permeabili per porosità di interstizi e subordinatamente per fenomeni pseudocarsici; Unità calcareo-dolomitica (ALT), rappresentata da rocce prevalentemente calcaree, stratificate, con permeabilità alta per fessurazione e carsismo.

Da quanto emerso a proposito delle precipitazioni e delle caratteristiche della vegetazione, è verosimile che, a pari grado di permeabilità delle unità idrogeologiche, i maggiori coefficienti di assorbimento delle acque di precipitazione da parte delle unità stesse si verificano nel semestre ottobre-marzo. Nelle aree di affioramento delle unità scarsamente permeabili che coprono una piccola parte dell'area, le acque di precipitazione si ripartiscono quasi interamente tra il ruscellamento superficiale e l'evapotraspirazione. Nelle unità classificate come mediamente permeabili (MP) e altamente permeabili (AP), i coefficienti di assorbimento delle acque di precipitazione hanno certamente valori non così trascurabili, come avviene nelle unità innanzi menzionate.

4.2 Caratteri della circolazione idrica sotterranea

Sulla base del quadro geologico precedentemente descritto, è possibile evidenziare che la circolazione idrica sotterranea si esplichi in un settore dell'acquifero salentino caratterizzato da due contesti idrogeologici differenti (De Giorgio *et al*., 2019).

Il primo, quello interno, è costituito esclusivamente dall'unità calcareo-dolomitica mesozoica, sede di una falda profonda che circola a pelo libero con gradienti idraulici non molto elevati e quote piezometriche comprese tra 0,5 e 1 m s.l.m. Essa è sostenuta alla base dall'acqua marina di invasione continentale ed è alimentata dalle acque meteoriche che insistono su un'area molto più estesa del bacino idrografico sotteso dalla zona umida (De Giorgio, 2010).

Nel secondo invece, quello costiero, costituito da unità a diverso grado di permeabilità, la circolazione idrica sotterranea si esplica su più livelli; nel più superficiale, costituito dai Depositi Marini Terrazzati, ha sede una falda freatica sostenuta alla base dalle Argille subappennine e, in prossimità della costa, dall'acqua di intrusione marina. Essa alimenta, in modo costante, le acque dei bacini di espansione e dei canali collettori, riducendone la salinità nelle fasi di bassa marea. La falda freatica, in cui si attestano numerosi pozzi a scavo, è anche alimentata dalla falda carsica il cui deflusso a mare è ostacolato dall'esistenza nel sottosuolo di formazioni praticamente impermeabili (Fig. 6). Il secondo livello ha sede nella Calcarenite di Gravina e risulta confinato dalle Argille subappennine. Tale corpo idrico è isolato dalla circolazione idrica superficiale e riceve alimentazione dai livelli idrici più profondi, e quindi più salmastri, della falda carsica. Tali acque, provenienti

dalla falda profonda del settore interno, occupano quindi le parti più elevate della formazione geologica che le ospita e sono sostenute dalle più dense acque marine. Un terzo livello, più profondo, ha sede nel substrato calcareo mesozoico permeato dall'acqua di intrusione marina sin dagli strati più superficiali.

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'area umida costiera di Ugento rappresenta una degli Ecosistemi Dipendenti dalle Acque sotterranee della regione Puglia dove maggiore risulta l'impatto antropico, sia per le profonde modifiche apportate all'ecosistema dai lavori di bonifica effettuati negli anni '30 e '50 sia per la pressione ambientale esercitata dagli insediamenti produttivi e turistici realizzati in prossimità della costa. In particolare, le opere di bonifica, consistite nell'approfondimento, mediante scavi, delle zone topograficamente più depresse con l'invasione diretta del mare, hanno modificato gli originari caratteri idrogeologici e ambientali del sito, tipici di una palude retrodunare originata dall'emergenza, in più punti, di acqua dolce di falda con occasionali apporti di acque meteoriche dai rilievi circostanti. Le modifiche apportate alla dinamica idrogeologica con le opere di bonifica, tuttavia, sono state assorbite nel corso del tempo dall'intero sistema creando nuovi equilibri. Attualmente però, è possibile osservare che i fattori che maggiormente influenzano la dinamica ambientale e territoriale dell'area siano legati alle attività antropiche, che si esplicano in differenti modalità sull'intero ecosistema.

Trattandosi come detto di un Ecosistema Dipendente dalle Acque Sotterranee risulta ovviamente imprescindibile trattare il legame con questo indicatore, per il quale sono stati riscontrati i seguenti elementi di interazione: pressione sullo stato quantitativo delle acque di falda legato all'eccessivo prelievo nel corso della stagione estiva, criticità di bilancio idrico, impoverimento della disponibilità delle risorse idriche, possibili fenomeni di subsidenza, inquinamento delle acque sotterranee, inquinamento delle acque dei bacini di bonifica e dei canali collettori.

La forte pressione antropica sulle acque della falda superficiale è stata desunta dal notevole decremento delle risorse idriche disponibili durante il periodo estivo, in cui risultano maggiori le necessità idriche per usi civili, agricoli e industriali e limitati, o quasi assenti, gli apporti meteorici. Gli eccessivi prelievi inoltre, favoriscono il progressivo avanzamento verso il settore interno delle acque marine di invasione continentale, come confermato dagli elevati valori di conducibilità riscontrati nelle acque presenti nei pozzi a scavo prossimi alla linea di costa. Il notevole stress idrico subito nel periodo estivo risulta in parte attenuato nel corso dei mesi tardo autunnali, invernali e primaverili. In questo periodo infatti, le precipitazioni meteoriche ricaricano sia la falda superficiale che quella carsica, le cui acque tra l'altro contribuiscono all'alimentazione di quella superficiale.

Queste criticità rappresentano quindi un ostacolo alla conservazione qualitativa e quantitativa delle acque sotterranee e superficiali, direttamente connesse inoltre

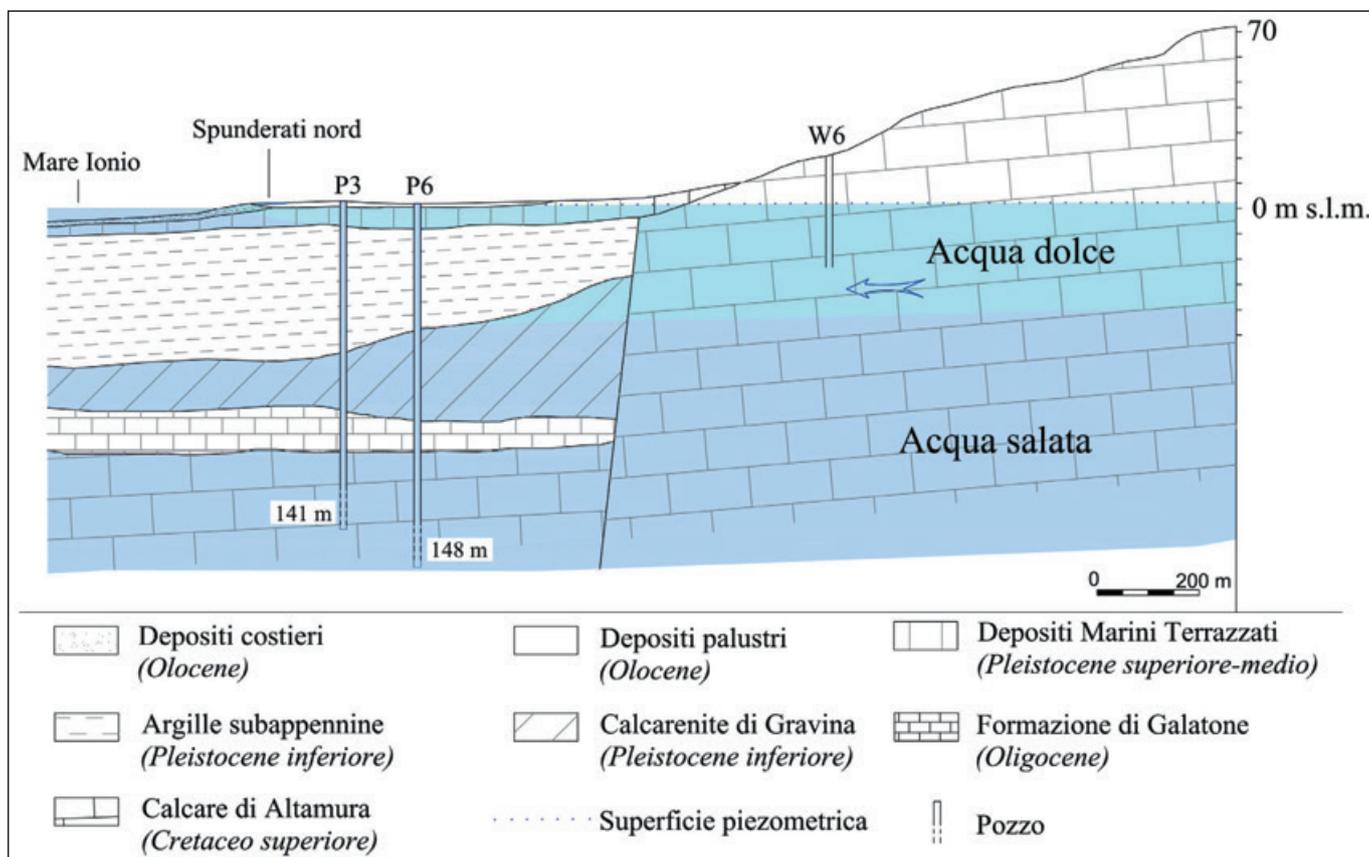



Figura 6 - Sezione idrogeologica.

con la salvaguardia e la tutela delle specie floristiche e faunistiche presenti, in quanto comportano la progressiva frammentazione degli habitat da cui essi traggono sostentamento.

Nell'attuale quadro di cambiamenti climatici quindi, la conoscenza approfondita del modello idrogeologico concettuale negli Ecosistemi Dipendenti dalle Acque Sotterranee risulta di fondamentale importanza per la predisposizione di opportune strategie per la salvaguardia e la tutela delle specie floristiche e faunistiche presenti e programmare ed indirizzare le politiche di utilizzo delle risorse presenti in modo realmente ecocompatibile, al fine di coniugare nel migliore dei modi le esigenze di conservazione ambientale con quelle di sviluppo antropico perché è necessario sottolineare che gli strumenti di tutela non devono precludere la realizzazione delle attività e delle opere antropiche, ma ne devono indirizzare le modalità di sviluppo affinché non incidano sulle risorse presenti.

BIBLIOGRAFIA

Basset A., Cenci R. M., Ravera O., Musmeci L., Pinna M., Vignes F., Fiocca A., Sangiorgio F., Negro O., Tulipano M., Zonno V., Scordella G., Silvestri C., Ottolenghi F., Giordano P., De Vito G. e Cairo V. (2003) - *Analisi dei fattori perturbativi alla base delle morie ittiche nei Bacini di Ugento (Lecce) e definizione dei modelli procedurali di gestione dei canali.* Università degli Studi di Lecce, European Communities Pubblication, EUR 20692/IT, pp. 144.

Calò G.C. e Tinelli R. (2004) - *Le acque sulfuree nel contesto idrogeologico dell'area di Torre Mozza di Ugento (Penisola Salentina, Puglia)*. Acque Sotterranee. 89.

Carter R.W.G. e Woodroffe C.D. (1994) - *Coastal evolution. Late quaternary shoreline morphodynamics*. Cambridge University Press, 1994. 517 pp.

Ciaranfi N., Pieri P. e Ricchetti G. (1988) - *Carta geologica delle Murge e del Salento*. Mem. Soc. Geol. It., 42, Roma.

Davis T. J. (1994) - *The Ramsar Convention Manual: a Guide to the Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat.* Ramsar Convention Bureau: Gland, Switzerland.

De Giorgio G., Zuffianò L.E. & Polemio M. (2019) - The role of the hydrogeological and anthropogenic factors on the environmental equilibrium of the Ugento Wetland (Southern Italy). Rend. Online Soc. Geol. It., Vol. 47 (2019), pp. 79-84

Fidelibus M.D. e Tulipano L. (2004) - *Inquinamento salino ed antropico degli acquiferi costieri della Murgia e del Salento: azioni di salvaguardia.* Atti del Convegno Uso e tutela dei corpi idrici sotterranei pugliesi, Bari, 21 giugno 2002, Geologi e Territorio, 95-104.

Maggiore M. e Pagliarulo P. (2003) - *Groundwater vulnerability and pollution sources in the Apulian region (Southern Italy).* Proceeding of 2nd Symposium "Protection of Groundwater from Pollution and Sea Water Intrusion", 9-20, Bari, September 27 – October, 1999.

Maggiore M. e Pagliarulo P. (2004) - *Circolazione idrica ed equilibri idrogeologici negli acquiferi della Puglia*. Atti del Convegno Uso e tutela dei corpi idrici sotterranei pugliesi, Bari, 21 giugno 2002, Geologi e Territorio, 13-35.

Margiotta S. e Negri S. (2004) - *Alla ricerca dell'acqua perduta. Nuove conoscenze del sottosuolo nel Salento leccese*. Congedo Editore, Galantina (Lecce), 1-191.

O.T.A. Office of Technology Assessment (1993) - http://fas.org/ota/otareports.

Palmentola G. (1987) - *Lineamenti geologici e morfologici del Salento leccese*. Quad. Ric. Centro Studi Geot. Ing., Lecce, 11, 7-23.

Petrillo A.F. (2007) - *Aree costiere: attuali e future criticità*. Atti del Convegno Cambiamenti climatici e rischi geologici in Puglia, 30 Novembre 2007, 117-130.

Richardson & McCarthy (1994) - *Effect of the land development and forest management of hydrologic response in south-eastern coastal wetlands: a review*. Wetland, 14, 56-71.

Tadolini T., Sciannamblo D., Sdao F. e Spizzico M. (1995) - *Sulle possibilità di recupero di efflussi idrici in aree costiere della zona compresa tra Torre Columena e P. Cesareo (Lecce)* – Atti del 2° Convegno Nazionale sulla protezione e gestione delle acque sotterranee: metodologie, tecnologie e obiettivi – Nonantola (Modena), 17-18-19 Maggio 1995 – Quaderni di Geologia Applicata – Pitagora Editrice, Bologna.